DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang. 13. Juni 1913. Heft 24.

Die Kohlenvorräte Westfalens.

Von Professor Dr. F. Frech, Breslau,
Direktor des Geologischen Instituts der Universität.

Die steigende Entwickelung der Industrie und des Weltverkehrs bewirkt eine immer dringendere Nachfrage nach den Energiemengen, welche in früherer geologischer Zeit aufgespeichert wurden oder aus Wasserfällen und aufgestauten Wassermassen abgeleitet werden könnten. Die letzten Jahre haben vornehmlich eine gesteigerte Inanspruchnahme der Erdölquellen und der elektrischen direkt aus der Natur gewonnenen Energiemassen gesehen; aber trotzdem wird *keine dieser modernsten Kraftquellen an Vielseitigkeit der Verwendung von der Steinkohle übertroffen.* Für Lokomotiven, Fluß- und Seeschiffahrt, für die mannigfachen Dampfmaschinen der Industrie und die Erzeugung elektrischer Kraft ist jede reine oder gereinigte Steinkohle, für den Hochofenbetrieb die zur Verkokung geeignete Form — die Gaskohle — verwendungsfähig. Für jede Art der Erzschmelzung und die weitere feinere Verarbeitung besitzt somit nicht das erzreiche, sondern das kohlenreiche Land einen Vorsprung: Denn bei dem großen Gewichtsunterschied *reist* nicht die Kohle zum Erz, sondern *das Erz zur Kohle.*

Die Untersuchung nach der Menge der vorhandenen Kohle und der voraussichtlichen Erschöpfungszeit der unterirdischen Vorräte hat also auch in der neuesten Zeit nichts an Bedeutung eingebüßt, und die Leitung des in diesem Herbst in Canada tagenden internationalen Geologenkongresses hat demnach mit einer internationalen Umfrage nach den vorhandenen Kohlenmengen bei den verschiedenen Regierungen und geologischen Landesanstalten eine zeitgemäße Aufgabe erfüllt.

Eine derartige Frage ist in einigermaßen erschöpfender Form nur durch internationale Sammlung der vorhandenen Erfahrungen lösbar, während ein Privatmann[1]), der dem Problem näher tritt, stets auf die gerade zufällig vorhandenen, d. h. mehr oder weniger lückenhaften Daten angewiesen ist. Die in den verschiedenen Ländern gesammelten Erfahrungen gelangen schon jetzt zur Veröffentlichung und es ist auch für weitere Kreise von Wichtigkeit, die Ergebnisse der Berechnung für das *wichtigste deutsche Kohlenfeld* kennen zu lernen.

Zunächst fragt es sich, wie weit erstreckt sich das auf dem rechten Rheinufer kohlenführende Gebirge nordwärts von dem alten „Ruhrrevier", das der heutigen Schachtzone, einem kleinen Ausschnitt der kohlenführenden Fläche entspricht?

Ferner handelt es sich darum, den Anteil der bauwürdigen und relativ bauwürdigen Kohlenflöze an der Gesamtmächtigkeit der Schichten festzustellen. Daraus ergibt sich — nach Abzug der schon abgebauten Flöze —, welche Kohlenmenge überhaupt anstehend vorhanden ist.

Die bisherige Kohlenproduktion bewegt sich in einer ganz bestimmten zeichnerisch und mathematisch festzustellenden Kurve, da sich die Einflüsse der guten und schlechten Jahre einigermaßen ausgleichen, und aus dem weiteren Verlauf der Kurve läßt sich folgern, welche Steigerung die westfälische Kohlenproduktion in Zukunft erfahren wird.

Angesichts der enormen, fast anderthalb Hundert Milliarden betragenden Kohlenmenge wird man die hohen Jahreszahlen begreiflich finden, zu denen die Berechnung[1]) zum Schluß gelangt.

Nach Norden ist eine „natürliche" Grenze des Steinkohlenbezirkes nicht vorhanden, da bisher noch jede genügend tiefe Bohrung das Steinkohlengebirge angetroffen hat. Es darf vielmehr angenommen werden, daß das Steinkohlengebirge nach Norden den Bereich des z. Z. durch Bohrungen nachgewiesenen Verbreitungsgebietes erheblich überschreitet und nicht nur den tiefern Untergrund der Münsterschen Bucht erfüllt, sondern sich auch noch weit in die norddeutsche Tiefebene erstreckt. Allerdings dürfte hier die überaus große Mächtigkeit des Deckgebirges eine Gewinnung der Kohlen auch für die Zukunft unmöglich machen.

Die Gesamtmächtigkeit des produktiven Carbons schwankt zwischen 2650 und 3230 m und beträgt im Durchschnitt etwa 2940 m. Die *Zahl* der *absolut bauwürdigen* Flöze bewegt sich zwischen 27 und 66 und beträgt im *Mittel 46*, während sich die Zahl der *absolut und „relativ" bauwürdigen* Flöze (über 30 cm) auf 69—120, im *Mittel auf 94* beläuft. Der Anteil der *absolut bauwürdigen Kohlenflöze* am Gebirgskörper (mit 57,0 m Kohle) berechnet sich zu 2 %, derjenige der absolut und relativ bauwürdigen Flöze (mit 78,6 m Kohle) dagegen zu 2,7 %.

Die folgende Tabelle enthält die bergmännisch-geologische Einteilung der westfälischen Kohle, die auch für das rechts- und linksrheinische Gebiet Gültigkeit hat. Sie zeigt die Zunahme des im wesentlichen der Verkokungsfähigkeit entsprechenden Gasgehaltes der Kohle *von unten nach oben* und läßt ferner erkennen, daß die größte *Kohlenmenge* sich ziemlich genau in der Mitte des gesamten Kohlen führenden Schichtenpaketes befindet:

[1]) Verfasser ist zweimal dieser Frage näher getreten: *F. Frech*, 1. Wann sind unsere Kohlenvorräte erschöpft? Wolfs Zeitschr. f. Sozialwissenschaft 1900. 2. Die bekannten Steinkohlenlager der Erde und der Zeitpunkt ihrer voraussichtlichen Erschöpfung, „Glückauf", Berg- und hüttenmännische Zeitschrift, 46. Jahrgang, Nr. 17, 30. April 1910, p. 597 ff.

[1]) *Kukuk* und *Mintrop*, Die Kohlenvorräte des rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirks, „Glückauf", Berg- und hüttenmännische Zeitschrift, 49. Jahrgang, Nr. 1, 1913, p. 1—12.

Oben	Gebirgsmächtigkeit m	Kohlenmächtigkeit aller absolut bauwürdigen Flöze m	Kohlenmächtigkeit aller absolut und relativ bauwürdigen Flöze über 30 cm m
Gasflammkohlen (o b e n). (von Flöz Bismarck bis zum hangendsten Konglomerat der Zeche General Blumenthal)	510—550	6,7— 7,0	10,1—13,1
im Mittel	530	6,8	11,6
Gaskohlen . . . . . (von Flöz Katharina bis FlözBismarck einschließlich)	640—760	14,6—27,2	24,8—34,1
im Mittel	700	20,9	29,4
Fettkohlen . . . . . (von Flöz Sonnenschein bis Flöz Katharina einschließlich)	450—770	13,6—33,0	16,2—37,0
im Mittel	610	23,3	26,6
Magerkohlen (u n t e n). . (von der untersten Werksandsteinbank bis Flöz Sonnenschein ausschließlich)	1050—1150	3,0— 9,0	7,5—14,5
im Mittel	1100	6,0	11,0
Summe der Einzelwerte .	2650—3230	37,9—76,2	58,6—98,7
Summe der Mittelwerte .	2940	57,0	78,6

Die Verf. teilen das gesamte Kohlen führende Gebiet rechts des Rheins in die Schachtzone, die Bohrlochzone und die unaufgeschlossenen Flächen. Der Flächeninhalt der ersteren wurde planimetrisch zu 1532 qkm ermittelt. (Vergl. die Karte.)

An die Schachtzone schließt sich nach Norden und Osten die Bohrlochzone an, die im Westen durch den Rhein und im Norden und Osten durch die Grenzen der bisher auf Grund von Tiefbohrungen verliehenen Felder eingefaßt wird. Der Flächeninhalt der Bohrlochzone beträgt nach der planimetrisch vorgenommenen Feststellung 1728 Quadratkilometer.

Der Flächeninhalt der unaufgeschlossenen Zone wurde zu 2910 qkm ermittelt; der Inhalt der drei Zonen zusammen beträgt also 6170 qkm.

Die unaufgeschlossene Zone wird im Süden durch die Bohrlochzone, im Westen durch den Rhein und den Meridian von Rees (6° 24′ östlich von Greenwich), im Nordwesten durch die Grenze gegen die Niederlande und im Norden durch den Parallelkreis 52° begrenzt. Die östliche Grenze des flözführenden Steinkohlengebirges verläuft mit großer Wahrscheinlichkeit ungefähr im Meridian von Soest. Die Mächtigkeit des Deckgebirges (meist obere Kreide) nimmt nach N regelmäßig zu. Aus den letzten an der Grenze der Bohrlochzone stehenden Tiefbohrungen ergibt sich die Mächtigkeit des Deckgebirges zu rd. 1300 m, so daß bis 2000 m Teufe durchschnittlich 700 m flözführendes Steinkohlengebirge verbleiben.

Im Anschluß an die zeichnerischen Darstellungen für die Schachtzone erfolgte die Bearbeitung der Bohrlochzone auf Grund der Ergebnisse sämtlicher Bohrungen sowie der vereinzelten Schachtaufschlüsse unter Berücksichtigung des Gebirgsbaus des Gebietes. Im ganzen lagen 42 Querprofile von zusammen 842 km oder durchschnittlich je 20 km Länge vor.

Durch die Faltung, d. h. durch die Zusammendrückung der ursprünglich horizontal lagernden Schichten auf eine kleinere Fläche ergibt sich naturgemäß eine Vermehrung der Kohlenmenge. Doch darf diese Vermehrung durch die Faltungen nicht überschätzt werden. Sie beträgt z. B. in der Schachtzone in der Nord-Südrichtung nur rd. 25 %; in der Ost-Westrichtung ist der Gewinn noch ganz erheblich geringer.

In der unaufgeschlossenen Zone berechnen sich die anstehenden Kohlenmengen ohne Berücksichtigung der hier kaum in Betracht kommenden Faltungen in einfacher Weise aus dem Flächeninhalt der Zone und dem prozentualen Anteil der Kohlenmächtigkeit an der Mächtigkeit des flözführenden Gebirgskörpers zwischen den Teufen 1300—1500, 1500—2000 und 2000 m bis zum Liegenden.

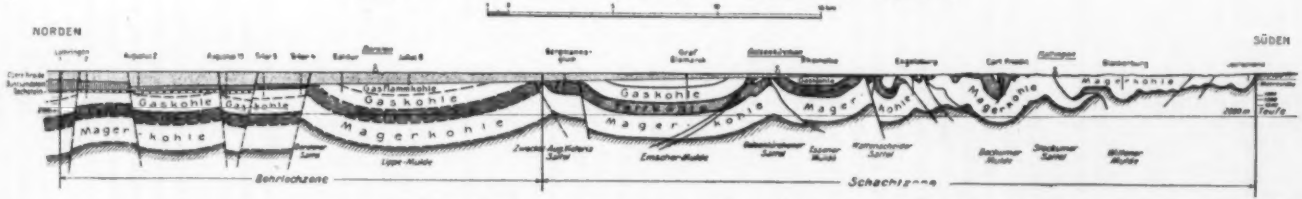
Die anstehenden Kohlenmengen sind in Millionen Kubikmeter angegeben, die Tonnenzahlen sind also um etwa 27 % größer. Bringt man diese 27 % für Abbauverluste in Abzug, so bedeuten die aufgeführten Zahlen die absolut gewinnbaren Kohlenmengen in Millionen Tonnen. Von den für die Schachtzone bis 1000 m Teufe ermittelten Zahlen sind die bereits abgebauten Kohlenmengen von insgesamt rd. 1900 Millionen Tonnen in Abzug zu bringen; davon entfallen nach dem Durchschnitt der Jahre 1898—1909 rd. 27 % = 500 Millionen Tonnen Gasflamm- und Gaskohlen, rd. 62 % = 1200 Millionen Tonnen auf Fettkohlen und rd. 11 % = 200 Millionen Tonnen auf Magerkohlen.

Überhaupt sind die folgenden Kohlenmengen anstehend vorhanden:

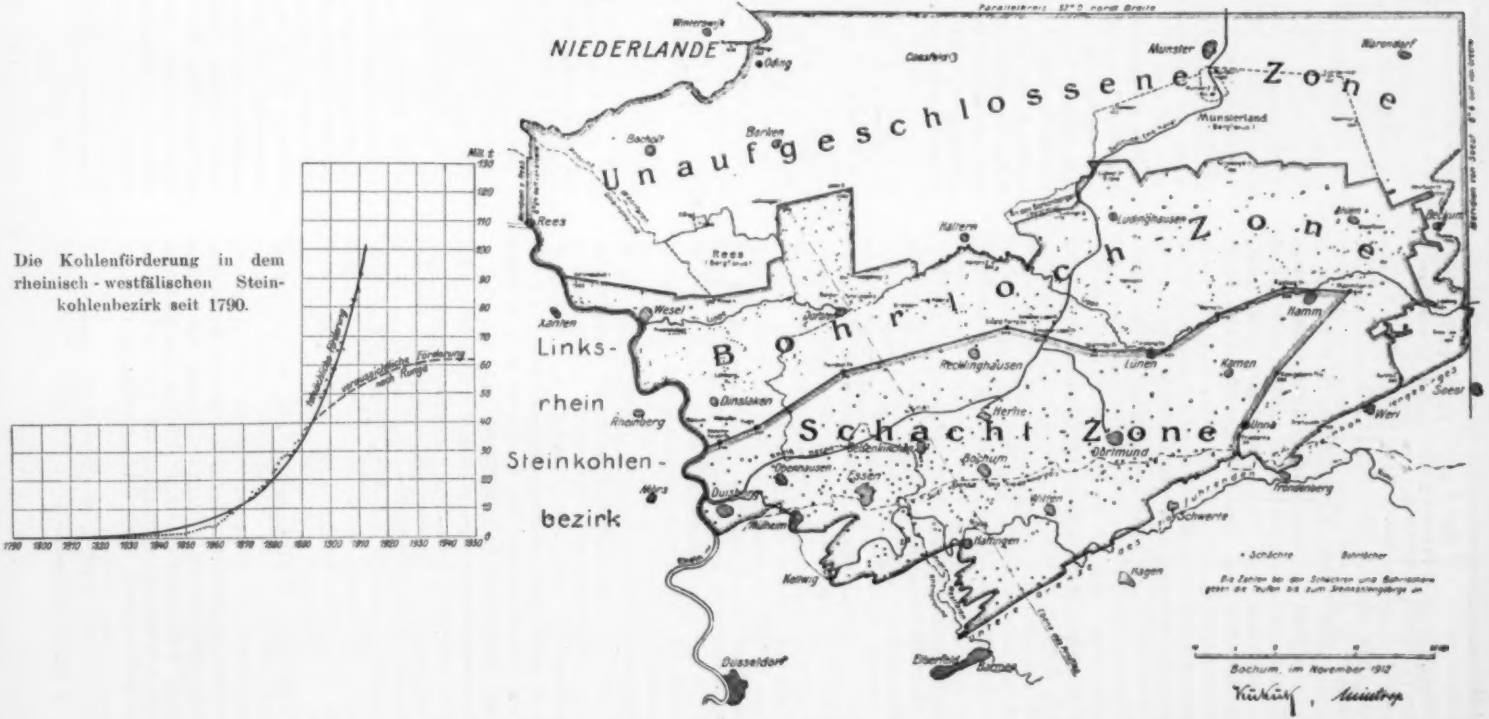
Teufenstufen m	Gasflammkohlen Mill.[1]) cbm	Gaskohlen Mill. cbm	Fettkohlen Mill. cbm	Magerkohlen Mill. cbm	insgesamt Mill. cbm
Schachtzone (Flächeninhalt 1532 qkm).					
0—1000	1 140	9 491	14 056	10 546	35 233
1000—1200	0	1 131	3 748	2 905	7 779
1200—1500	0	1 419	3 402	4 003	8 824
1500—2000	0	222	2 466	6 939	9 627
2000 bis zum Liegenden des flözführenden Gebirges	0	9	282	6 637	6 928
zus.	1 140	12 272	23 949	31 030	68 391

[1]) Mill. = Millionen.

Querprofil nach der Linie Kettwig - Gelsenkirchen - Dorsten.



Übersichtskarte zur Berechnung der im rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk anstehenden Kohlenmengen.



Die Kohlenförderung in dem rheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk seit 1790.

Nach *Kukuk* und *Mintrop*, Die Kohlenvorräte des rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirks. („Glückauf" 1913, Heft 1.)

Teufenstufen m	Gasflammkohlen Mill.[1]) cbm	Gaskohlen Mill. cbm	Fettkohlen Mill. cbm	Magerkohlen Mill. cbm	insgesamt Mill. cbm
Bohrlochzone (Flächeninhalt 1728 qkm).					
0—1000	2 044	5 020	4 052	2 727	13 843
1000—1200	2 389	6 368	4 273	1 506	14 536
1200—1500	1 177	6 798	7 412	2 870	18 257
1500—2000	938	9 509	11 953	5 440	27 840
2000 bis zum Liegenden des flözführenden Gebirges	0	4 464	18 649	26 881	49 994
zus.	6 548	32 159	46 339	39 424	124 470

Unaufgeschlossene Zone (Flächeninhalt 2810 qkm).

Teufenstufen	westlicher Teil der Zone: vorwiegend Gasflamm- und Gaskohlen Mill. cbm	westlicher Teil der Zone: vorwiegend Gas- und Fettkohlen Mill. cbm	östlicher Teil der Zone: vorwiegend Gas-, Fett- und Magerkohlen Mill. cbm	östlicher Teil der Zone: vorwiegend Fett- und Magerkohlen Mill. cbm	insgesamt Mill. cbm
0—1000	0	0	—	—	0
1000—1300	0	0	—	—	0
1300—1500	7 420	21 560	—	—	28 980
1500—2000	18 300	49 900	—	—	68 200
2000 bis zum Liegenden des flözführenden Gebirges	—	—	73 000	80 000	153 000
zus.	25 720	71 460	73 000	80 000	250 180

In allen drei Zonen zusammen finden sich folgende absolut bauwürdige Kohlenmengen, geordnet nach Teufen und Kohlengruppen:

Teufenstufen m	Gasflammkohlen Mill. cbm	Gaskohlen Mill. cbm	Fettkohlen Mill. cbm	Magerkohlen Mill. cbm	insgesamt Mill. cbm
0–1000	1 594	8 788	13 136	6 898	30 416
0—1500	5 747	26 875	38 321	12 587	78 330
0—2000	11 996	54 869	60 504	18 377	145 746

Die *Anzahl der Jahre*, für welche die anstehenden Kohlenmengen unter Zugrundelegung einer jährlichen Förderung von 100 Millionen Tonnen ausreichen werden, ist die folgende (im Jahre 1913 betrug die Förderung rd. 102 Millionen Tonnen; 1 t ist gleich 1 cbm gesetzt):

[1]) Mill. = Millionen.

Zone	Absolut bauwürdige Kohlen Teufen 0 bis 1500 m	Absolut bauwürdige Kohlen Teufen 1500 bis 2000 m	Absolut bauwürdige Kohlen Teufen 0 bis 2000 m	Relativ bauwürdige Kohlen Teufen 0 bis 1500 m	Relativ bauwürdige Kohlen Teufen 1500 bis 2000 m	Relativ bauwürdige Kohlen Teufen 0 bis 2000 m	Insgesamt Teufen 0 bis 1500 m	Insgesamt Teufen 1500 bis 2000 m	Insgesamt Teufen 0 bis 2000 m
	Jahre			Jahre			Jahre		
Schachtzone . . .	319	56	375	137	32	169	456	88	544
Bohrlochzone . .	269	178	447	161	79	240	430	257	687
Unaufgeschlossene Zone	176	440	616	89	180	269	265	620	885
zus.	764	674	1 438	387	291	678	1 151	965	2 116

Einen Überblick über die Kohlenförderung im rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenbezirk seit 1790 gibt das auf Grund der bergamtlichen statistischen Angaben entworfene Schaubild in der nebenstehenden Abbildung. Daraus ersieht man zunächst, daß die Förderung im Jahre 1800 nur einige Hunderttausend Tonnen betragen hat. Hundert Jahre später war sie auf rd. 60 Millionen Tonnen gestiegen und im Jahre 1912 sind 102 Millionen Tonnen erreicht worden.

Die in der Abbildung ausgezogene Kurve schließt sich der tatsächlichen Förderung in großer Annäherung an. Wie man sieht, wechseln in den einzelnen Jahren Anstiege und Niedergänge miteinander ab, gleichen sich aber in einem größern Zeitraum aus. Es ergibt sich also aus der Berechnung der ansteigenden Kurve die interessante Tatsache, daß sich die Förderung bisher nach einem exponentiellen Gesetz entwickelt hat. Will man der Kurve weiter folgen, so kommt man im Jahre 1920 auf eine Förderung von rd. 150 Millionen Tonnen, 1930 von rd. einer Viertelmilliarde, d. h. auf die Hälfte der heutigen Produktion der Vereinigten Staaten. Ob diese Zahlen erreicht werden, läßt sich nicht voraussagen. Die natürliche Grundlage für eine solche Weiterentwicklung ist jedoch für absehbare Zeit gegeben.

Die vorstehenden Berechnungen *Kukuks* und *Mintrops* sind etwas ausführlicher wiedergegeben worden, weil sich nur aus dieser Wiedergabe die sichere Bedeutung dieser enormen Kohlenmengen und des Jahrhunderts ergibt, für welche sie ausreichen werden.

Andererseits ist es auch schwer möglich, die obigen auf Grund sorgfältiger Berechnungen ermittelten Zahlen mit den bisherigen mehr als Schätzungen anzusprechenden Ziffern zu vergleichen. Es sei dem Verfasser nur gestattet, hervorzuheben, daß seine eigene Schätzung für das westfälische Revier angesichts der immer weiter vorschreitenden Aufschließung des Untergrundes auf „mehr als 800 Jahre“ gelautet hat. Ich hatte hierbei vor allem die Teufe bis zu 1500 m im Auge gehabt und andrerseits eine Zunahme der Förderung in Rechnung gestellt, während die vorstehende Tabelle der Einfachheit halber die heutige Förderung von 100 Millionen Tonnen per Jahr zugrunde legt.

Wichtiger ist der Vergleich mit *England*. Zunächst ist allerdings die letzte zusammenfassende Schätzung des Kohlenvorrats schon 1905 durch eine Parlamentskommission erfolgt, die zu einer Gesamtziffer von 100 Milliarden Tonnen Kohlenvorrat gelangt; d. h. ist also für ganz England 8¾ Milliarden weniger als in allen drei Zonen bis 1500 m abwärts berechnet worden. Legt man eine weniger optimistische (1882 von *Greenwell* angestellte) Schätzung zugrunde, so sind allein in unserem rechtsrheinischen Revier volle *32 Milliarden Kohle* bis 1500 m abwärts *mehr vorhanden als in ganz England*. Dementsprechend ist auch die Zahl der Jahrhunderte verschieden, für welche der englische Kohlenvorrat reichen soll: Je nachdem man mit einer weiteren Zunahme und späterem Gleichbleiben oder mit einer ausbleibenden Zunahme und späteren Abnahme der Förderung rechnet, gelangte man für England[1]) auf 250—350 oder aber auf 600 Jahre, welche bis zu dem Verschwinden der Kohle in England vergehen sollen.

Demgegenüber ist schon der Vorsprung des rechtsrheinisch-westfälischen Steinkohlenreviers ungeheuer. Bis 1500 m Teufe sind — unter Zugrundelegung der Jahresförderung von 100 Millionen Tonnen — Kohlen für 1151 Jahre vorhanden. D. h. wenn die Förderung etwa zu Zeiten König Ludwig des Deutschen begonnen hätte, so wäre sie jetzt zu Ende. Legen wir aber die Gewinnungstiefe von 2000 m zugrunde, so hätte das rechtsrheinische Revier Kohlen für eine Förderung von 100 Millionen Tonnen per Jahr, die 200 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung begonnen hätte!

Luftfahrerwetterdienst.

Von Privatdozent Dr. P. Ludewig, Freiberg i. Sa.

1. In einer Versammlung, die am 29. März 1913 im Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten abgehalten wurde und an der neben den Vertretern der beteiligten Reichsämter und Ministerien auch Vertreter des Deutschen Luftfahrerverbandes und die Leiter des norddeutschen öffentlichen Wetterdienstes teilnahmen, wurde beschlossen, den seit zwei Jahren eingerichteten *Warnungsdienst für Luftfahrer* ein weiteres Jahr fortzuführen.

2. Diese Einrichtung ist aus Versuchen hervorgegangen, die anläßlich der ersten Internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung zu Frankfurt a. M., der *Ila*, im Jahre 1909 von *F. Linke* ausgeführt wurden. Die dort vertretenen Luftschiffe hatten einen eigenen Wetterdienst nötig gemacht, der zum Teil darin bestand, die Windstärken in verschiedenen Höhen zu bestimmen, zum Teil vor herannahenden Gewitterzügen zu warnen. Die erste Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß täglich während der Ausstellung *Pilotballons* aufgelassen wurden. Es sind dies kleine Ballons, die mit einem Theodoliten verfolgt werden. Da die zugebundenen Ballons auch in verschiedenen Höhen eine konstante Aufstiegsgeschwindigkeit haben, so gelingt es aus den in konstanten Zeitabständen am Theodoliten gemachten Ablesungen eine Kurve zu zeichnen, aus der die Windrichtung und Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen zu entnehmen ist. Die zweite Aufgabe verlangte einen umständlicheren Apparat. Wie von *W. Peppler* in Nr. 12 der Ila-Wochenrundschau beschrieben, wurden um Frankfurt als Mittelpunkt 80 Stationen angelegt, die auf ein Gebiet von 800 qkm möglichst gleichmäßig verteilt wurden. Die Leiter dieser Stationen waren angewiesen, beim Erscheinen eines Gewitters sofort ein dringendes Telegramm an die Wetterdienststelle in Frankfurt a. M. zu senden mit genauen Angaben über den Zeitpunkt des Gewitterbeginns (erster Donner), über Himmelsrichtung und Zugrichtung. Auf der Wetterdienststelle wurden diese Beobachtungen in eine Karte eingetragen und die Orte gleichen Gewitterausbruchs durch Kurven verbunden. Es war so möglich, die Schnelligkeit und Richtung eines Gewitterzuges zu verfolgen und auf sicherster Grundlage beruhende Warnungen an die Leitung der Ausstellung weiterzugeben.

3. Als im Jahre 1910 die deutsche Luftfahrt durch eine große Anzahl von folgenschweren, durch Gewitter veranlaßten Unglücksfällen heimgesucht wurde, regte der Leiter des Kgl. Preuß. Observatoriums in Lindenberg Geh. Regierungsrat Dr. *Aßmann*[1]) in einem Artikel der deutschen Zeitschrift für Luftschiffahrt die *Gründung eines Warnungsdienstes für Luftfahrer* an. Es wurden daraufhin vom Zentralfonds des Reichsamts des Innern und des Kultusministeriums für die Dauer von drei Monaten zu einem ersten Versuch die Gelder zur Verfügung gestellt, die außerdem noch aus den Mitteln des Lindenberger Observatoriums ergänzt wurden. Die Resultate dieser Versuche sind von *H. Bongards* in einem „Bericht über den Warnungsdienst für Luftfahrer in den Jahren 1911 und 1912" zusammengefaßt, der als Sonderabdruck aus Band VII der Arbeiten des Kgl. Preußischen Aeronautischen Observatoriums zu Lindenberg vorliegt.

Die zunächst eingerichtete Organisation umfaßte zwei Teile. Einmal wurden über Deutschland eine Anzahl Stationen verteilt, die zu gleicher Zeit Pilotballonaufstiege veranstalteten. Es waren dies die Wetterdienststellen in Berlin, Hamburg, Magdeburg, Aachen, Dresden, Breslau, Bromberg, Königsberg i. Pr., Ilmenau, Weilburg, Frankfurt a. M., Straßburg; ferner das Luftschifferbataillon in Reinickendorf, die Luftfahrzeuggesellschaft in Bitterfeld und die Navigationsschule in Elsfleth. Diese Stationen verpflichteten sich an jedem Morgen auf Kosten des Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg einen Pilotballonaufstieg zu machen, und die Resultate in einem chiffrierten Telegramm mit den Angaben über Zeit des Aufstiegs, Bewölkung und Niederschlag, der Tendenz des Barometers zum Steigen und Fallen und über den Zug der Zirrus-

[1]) Unter Zugrundelegung der optimistischen Schätzung von 1905.

[1]) *Aßmann*, Die Gefahren der Luftschiffahrt und die Mittel, sie zu verringern. 1910. Nr. 25, p. 9.

wolken nach Lindenberg zu melden. Dort wurden die Ergebnisse in Landkarten eingetragen und ferner die von allen Stationen erhaltenen Angaben in einer Sammeldepesche zusammengefaßt und an die beteiligten Wetterdienststellen zurückgegeben. Jede der Stationen war so in der Lage, über die in Deutschland herrschenden Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in verschiedener Höhe den anfragenden Ballonführern genaueste Auskunft zu geben.

Daneben wurde ganz in Anlehnung an die Frankfurter Versuche ein Gewitter- und Böenwarnungsdienst eingerichtet. Es war zunächst beabsichtigt, 400 Gewitterbeobachter des Kgl. Preuß. Meteorologischen Instituts für diesen Zweck in Dienst zu stellen. Es zeigte sich jedoch bei einer Anfrage, daß die Hälfte der Beobachter diese Meldungen nicht übernehmen zu können glaubte, weil ihre Wohnungen zu weit vom Postamt entfernt lagen und dadurch eine empfindliche Verspätung der Meldungen hätte eintreten müssen. Das Aeronautische Observatorium in Lindenberg wandte sich daher an das *Reichspostamt* mit der Bitte, die Vorsteher kleiner Postämter (2. und 3. Größe) zu der Übernahme des Gewittermeldedienstes auffordern zu dürfen. Ende Juli 1911 erteilte das Reichspostamt seine Genehmigung. Die definitive Anordnung wurde dann erst im Jahre 1912 getroffen.

4. Bei der Fortführung im Jahre 1912 wurde neben der Lindenberger Zentralstelle eine zweite in Frankfurt a. M. eingerichtet, die als Zentrale für das westliche Deutschland dienen und besonders bei dem Gewitter- und Böenwarnungsdienst eine schnellere Zusammenstellung und Übermittlung der aus diesem Gebiet einlaufenden Meldungen erreichen sollte. Auch in diesem Jahr gliederte sich die ganze Organisation in zwei Teile. Die Anordnung und Betriebsweise der Pilotballonstationen wurde im wesentlichen beibehalten, nur daß jetzt beide Zentralstellen an jedem Morgen aus den bis $9.^{30}$ vormittags (im Winter 2 Uhr nachmittags) einlaufenden Pilotballonmeldungen ein Sammeltelegramm zusammenstellten, das spätestens um $9.^{30}$ an sämtliche Wetterdienststellen gelangen kann.

Zur Einrichtung des Gewitter- und Böenwarnungsdienstes wurde auf Grund der erwähnten Zusage des Reichspostamtes bei den Vorstehern von 608 Postämtern angefragt, ob sie die Überwachung und Meldung von Gewittern ehrenamtlich übernehmen wollten. Auf die Mehrzahl der Anfragen ging eine Zusage ein. Die im Oberpostbezirk Metz, Speyer, Karlsruhe, Würzburg, Bamberg, Regensburg, Trier, Koblenz, Darmstadt, Frankfurt a. M., Aachen, Cöln, Düsseldorf, Dortmund, Münster, Oldenburg, Minden, Konstanz und Cassel gelegenen 212 Postämter senden ihre Depeschen nach Frankfurt a. M., alle anderen nach Lindenberg. In jeder dieser Zentralstelle wurden die einlaufenden Meldungen in große Landkarten eingezeichnet und auf Grund der aus einer derartigen Darstellung gewonnenen Daten über Zugrichtung und Zuggeschwindigkeit der Gewitter die Wetterdienststellen, deren Gebiet von einem Gewitterzuge bedroht war, durch eine Warnung benachrichtigt. Durch die Wetterdienststellen wurden dann die Luftfahrer gewarnt. Da die Kosten dieser Organisation so groß waren, daß die bereitgestellten Mittel nicht ausreichten, wurde ein Gebührentarif aufgestellt, der am 1. Juli 1912 in Kraft trat. Eine telegraphische Prognose kostete 8 Mark, eine telephonische Auskunft oder eine Gewitterwarnung 2 Mark.

Die beiden, der Bongardsschen Arbeit entnommenen Tabellen I und II zeigen, wie häufig die Organisation im Jahre 1912 benutzt worden ist. Außerdem wurde bei dem Kaisermanöver 1912 der im Interesse der mitwirkenden Luftfahrzeuge durch die Militärverwaltung eingerichtete Manöverwetterdienst in vier Fällen von herannahenden Gewittern und Böen benachrichtigt.

Tabelle I. Prognosen 1912.

Monat	Militärbehörden	Luftschiffe		Vereine und Private	Zusammen
		Schütte-Lanz	Parseval		
Januar	—	—	6	10	16
Februar	12	—	—	7	19
März	—	—	—	17	17
April	—	49	8	22	79
Mai	1	53	3	25	82
Juni	7	55	—	38	100
Juli	2	29	—	21	52
August	7	33	4	8	52
September	6	6	1	12	25
Summa	35	225	22	160	442

Tabelle II. Gewitterwarnungen 1912.

Monat	Gewarnt wurden		Zusammen
	Wetterdienststellen	Militärbehörden, Vereine usw.	
Juni	28 mal	12 mal	40
Juli	17 „	4 „	21
August	21 „	—	21
September	6 „	6 „	12
Summa	72	22	94

5. Mit dem Beginn des Jahres 1913 trat an die in Betracht kommenden Körperschaften die Frage heran, ob die Organisation im neuen Jahre beizubehalten sei oder nicht. Daß man sich für das erstere entschlossen hat, ist oben erwähnt. In einem Artikel von *Aßmann* und *Linke* in Nr. 9 (1913) der Deutschen Luftfahrerzeitschrift wird eingehend über die Neuorganisation berichtet, die mit dem neuen Jahre in Tätigkeit trat. Neben den Pilotballonvisierungen und dem Gewitterdienst wurde in noch stärkerem Maße als bisher der gewöhnliche Wetterdienst für diese speziellen Zwecke herangezogen. Dies wurde dadurch ermöglicht, daß neben den schon vorhandenen Wetterkarten von 8 Uhr morgens und 2 Uhr mittags noch eine Abendwetterkarte von 8 Uhr abends hinzugefügt wurde. Da Ballonfahrten meist am frühesten Morgen beginnen, kommt für sie die Wetterkarte von 8 Uhr morgens nicht mehr in Betracht. Die neu eingeführte Wetterkarte von 8 Uhr abends des vorhergehenden Tages ermöglicht

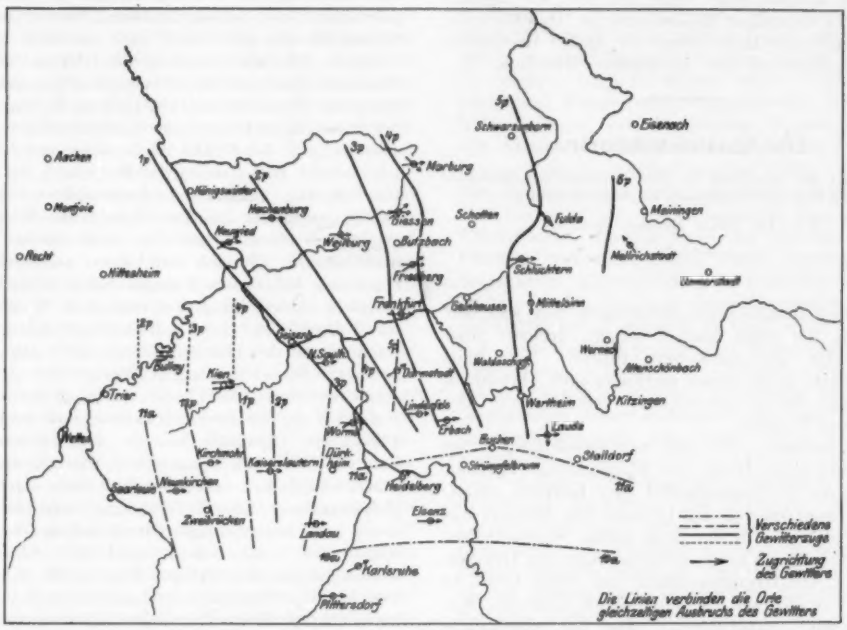
es, diesen Ballonen eine zuverlässige Prognose zu stellen.

In den anderen Teilen der Organisation wurde keine wesentliche Änderung vorgenommen. Die 600 Postämter, die zu dem Gewittermeldedienst herangezogen wurden, verteilen sich auf ein Gebiet von ca. 400 000 qkm, so daß die Stationen durchschnittlich 26 km voneinander entfernt sind. Durch dieses Netz von Stationen wird kein Gewitter unbeachtet hindurchschlüpfen.

Dabei ist für die Luftfahrer von besonderem Interesse, daß auf die Erhebung von Gebühren in Zukunft verzichtet wird. Man ging dabei von dem Gedanken aus, daß es in erster Linie dem Deutschen Luftfahrerverbande obliege, ein gut Teil der aus der Organisation entstehenden Kosten zu übernehmen. Gerade dieser Beschluß wird die Benutzungszahl der getroffenen Einrichtungen zum Segen der deutschen Luftfahrt ganz wesentlich erhöhen.

Für die zweckmäßige Benutzung der Einrichtungen des Luftfahrerwetterdienstes werden in dem erwähnten Artikel folgende Ratschläge gegeben: „Sobald der Termin für eine Luftfahrt in bestimmte Aussicht genommen worden ist, wende man sich rechtzeitig entweder an seine nächstgelegene Wetterdienststelle oder direkt an eine der beiden Zentralstationen in Lindenberg (Kreis Beeskow) und Frankfurt a. M.; in manchen Fällen, besonders bei in Aussicht stehenden Weitfahrten, ist es noch vorteilhafter, von mehreren Stellen Prognosen einzuziehen. Es empfiehlt sich ferner, den besonderen Zweck der Fahrt, z. B. einer Zielfahrt oder Weitfahrt, oder bei Luftschiffen die beabsichtigte Route, anzugeben. Bei Dauerfahrten von Luftschiffen, die während der Fahrt durch Funkenstationen über die Witterung auf dem laufenden gehalten werden sollen, muß außer dem Beginn der Fahrt auch die Landung telegraphisch gemeldet werden, damit unnötige Arbeitsleistungen der Zentralen vermieden werden, Die Angabe derjenigen Funkenstationen, durch welche die Benachrichtigung der Luftschiffe erfolgen soll, ist notwendig. Voraussichtlich wird Lindenberg binnen kurzem, Frankfurt in absehbarer Zeit mit eigenen Funkenstationen ausgerüstet werden.

An den Zentralstellen in Lindenberg und Frankfurt wird eine dauernde Dienstbereitschaft unterhalten, die sich auch über die Nachtzeit und die Sonn- und Festtage erstreckt.



Für besondere Fälle werden in Lindenberg auch spezielle Drachenaufstiege ausgeführt, um außer den Windverhältnissen noch Angaben über die Schichtung und Stabilität der höheren Luftschichten machen zu können.

6. Es dürfte zur Veranschaulichung der durch diese Organisationen erreichten Erfolge interessieren, in welcher Weise der von den Beobachtungsstationen gemeldete Gewitterzug sich in einer graphischen Darstellung veranschaulicht. Wir wählen dazu ein Beispiel, das von *W. Peppler* in der eingangs erwähnten Arbeit beschrieben ist. Wie vielleicht noch erinnerlich sein dürfte, beabsichtigte am 2. August 1909 der Zeppelin II von Frankfurt a. M. nach Cöln zu fliegen. Auf halbem Wege wurde er von Gewittern überrascht und gezwungen nach Frankfurt zurückzukehren, wo er abends unbeschädigt landete. An diesem Tage sind, wie der während

der IIa eingerichtete Warnungsdienst ergab, ganz besonders viel und starke Gewitterzüge vorhanden gewesen. Die Figur veranschaulicht die erhaltenen Resultate. Ein erster Gewitterzug erscheint im Bereiche der Beobachtungsstationen gegen 10 Uhr vormittags nördlich von Karlsruhe, durchzieht Baden, löst sich aber bereits nach Überschreiten des Neckars auf. Fast zu gleicher Zeit erscheint ein anderer Gewitterzug in der Rheinpfalz, löst sich am Rhein in seinem südlichen Teil auf und geht in seinem nördlichen Teil über die hessische Provinz Starkenburg. Der Hauptgewitterzug entsteht um 1 Uhr am Rhein und überschreitet in breiter Front Norddeutschland. Dieser Gewitterzug erreichte das Luftschiff an der unteren Mosel und veranlaßte die Rückkehr.

Dieses Beispiel zeigt recht deutlich, wie überaus wichtig ein derartiger Meldedienst ist. Daß auch die wissenschaftliche Meteorologie an diesen Resultaten das größte Interesse hat, ist selbstverständlich.

Die Quantentheorie.

(Dargestellt im Anschluß an den Verhandlungsbericht[1]) des Solvay-Kongresses in Brüssel 1911.)

Von Dr. Fritz Reiche, Berlin.

(Schluß.)

§ 3.

Von den Strahlungserscheinungen aus war, wie wir sahen, der erste Anstoß erfolgt, der zur Aufstellung der Quantentheorie führte. Von ganz anderer Seite sollte dieser merkwürdigen Hypothese eine starke Stütze erwachsen: vom Gebiete der *spezifischen Wärme*.

Es ist bekannt, daß man zur Erwärmung eines Körpers um einen Grad eine Wärmemenge braucht, die man die Wärmekapazität des Körpers nennt. Erwärmt man speziell ein Gramm des Körpers um einen Grad, so heißt die dazu nötige Wärmemenge seine spezifische Wärme, erwärmt man ein Grammatom (bzw. ein Grammmolekül) um einen Grad, so hat man dem Körper die Atomwärme (bzw. die Molekularwärme) zuzuführen. Da die zugeführte Wärme den Energieinhalt des Körpers erhöht, so kann man auch sagen: *die Atomwärme ist der Energiezuwachs eines Grammatoms bei Temperatursteigerung um einen Grad.*

Denken wir uns nun ein Grammatom eines einatomigen Gases bei der absoluten Temperatur T, so sind in ihm $N = 6 \cdot 10^{23}$ Gasatome enthalten (N heißt die Avogadrosche Zahl). Jedem dieser Gasatome kommt, wie wir schon sahen, beim thermodynamischen Gleichgewicht nach dem Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung die Energie $^3/_2\, k\, T$ zu, dem ganzen Grammatom also die Energie $^3/_2\, k\, T\, N$. Erhöht man jetzt die Temperatur um einen Grad, so wächst die Energie des Gases um $^3/_2\, k\, N = {}^3/_2\, R$ (wo R die absolute Gaskonstante ist). Es ist daher die Atomwärme des einatomigen Gases $= {}^3/_2\, R = 2{,}97$ cal. Diese schon von *Boltzmann* gezogene Folgerung aus der kinetischen Gastheorie hat sich gut bestätigt.

Sind die Atome nicht, wie bei einem Gase, frei beweglich, sondern an feste Punkte gebunden, um die sie schwingen können, so kommt ihnen bekanntlich außer der kinetischen noch potentielle Energie zu; das ist der Fall bei den *festen Körpern*, bei denen die Wärmebewegung nicht, wie bei den Gasen, in regellosem Durcheinanderschwirren der Atome besteht, sondern in Schwingungen der Atome um feste Gleichgewichtslagen. Sind die elastischen Kräfte, die die Atome in ihre Gleichgewichtslagen zurückziehen, der Entfernung aus dieser Lage proportional, so vollführen die Atome periodische Sinusschwingungen, und ihre mittlere potentielle Energie ist gleich ihrer mittleren kinetischen Energie. Ihre mittlere Gesamtenergie ist also das Doppelte der mittleren kinetischen Energie und daher nach dem Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung $= 3\, k\, T$. *Die Atomwärme des festen Körpers ergibt sich daher zu* $3\, R = 5{,}94$ *cal.* Diesem von *Dulong* und *Petit* aufgestellten Gesetz gehorchen nun in der Tat viele feste Körper. Dagegen war schon lange eine große Reihe von Körpern bekannt, die sich dem Gesetz nicht fügten, und besonders bei tiefen Temperaturen schienen systematische Abweichungen vorzuliegen. So hatte schon im Jahre 1875 *H. F. Weber* gefunden, daß die Atomwärme des Diamants bei —50° ungefähr 0,76 beträgt. Diesen niedrigen Werten der Atomwärme stand die klassische Theorie ratlos gegenüber. *Einstein* war es, der zuerst erkannte, daß auch hier die Planecksche Quantentheorie den Knoten lösen könnte. Wie man die mittlere Energie des Planckschen Oszillators nicht nach dem Gesetze der gleichmäßigen Energieverteilung berechnen durfte, wenn man zum richtigen Strahlungsgesetz gelangen wollte, *so mußte man auch für die Wärmeschwingungen der Atome des festen Körpers die gleichmäßige Energieverteilung fallen lassen*, wollte man richtige Werte für seine Atomwärme erhalten. Daher setzte *Einstein* die mittlere Energie der mit der Frequenz ν schwingenden Atome nicht $= 3\, k\, T$, wie es die klassische Theorie forderte, sondern

$$= \frac{3\, h\, \nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad \text{(erg)}$$

wie es den Gesetzen der Quantentheorie entsprach. Er identifizierte also gleichsam ein linear mit der Frequenz ν schwingendes Atom mit einem linearen Planckschen Oszillator von der Frequenz ν. Da aber das Atom nach allen drei Dimensionen mit der gleichen Frequenz ν schwingen kann, so mußte der früher gegebene Ausdruck für die mittlere Energie U des Planckschen Oszillators hier noch mit 3 multipliziert werden. Die aus diesem Werte folgende Formel für die Atomwärme zeigte nun in der Tat, *daß die Atomwärme der festen Körper keine von der Temperatur unabhängige Konstante ist*, wie es das

[1]) La théorie du rayonnement et les quanta. Rapports et discussions de la Réunion tenue à Bruxelles du 30 Oct. au 3 Nov. 1911. Sous les auspices de *M. E. Solvay*. Publiés par *Mrs. P. Langevin* et *M. de Broglie*. Paris, Gauthier-Villars, 1912. Eine deutsche Übersetzung ist in Vorbereitung.

Dulong-Petitsche Gesetz verlangt, sondern von dem Quotienten ν/T abhängt in der Weise, *daß die Atomwärme für $T = 0$, d. h. am absoluten Nullpunkt der Temperatur selbst gleich null ist, dann mit wachsender Temperatur ansteigt, um für hohe Temperaturen sich dem Wert der klassischen Theorie $3R = 5{,}94$ cal. zu nähern.* Die Abweichungen vom Dulong-Petitschen Gesetz, die die Werte der spezifischen Wärme mit sinkender Temperatur allgemein zeigen, machen sich bei um so höherer Temperatur schon bemerkbar, je größer die Frequenz ν der Atomschwingungen ist.

Um die Einsteinsche Formel zu prüfen, unternahm *W. Nernst* in Gemeinsamkeit mit seinen Schülern eine groß angelegte Untersuchung über die Atomwärme fester Stoffe bei tiefen Temperaturen. Es zeigte sich stets eine qualitativ sehr bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment: Die Kurve, die die Atomwärme als Funktion der Temperatur darstellte, folgte in großen Zügen der Einsteinschen theoretischen Kurve. Allerdings zeigten sich bei sehr tiefen Temperaturen systematische Abweichungen, indem die theoretischen Kurven nach dem Nullpunkt hin schneller abfielen als die experimentellen Werte. Durch Aufstellung einer empirischen Formel — die nach dem heutigen Stande der Forschung allerdings als veraltet anzusehen ist — gelang es *W. Nernst* und *F. Lindemann*, auch die von der Einsteinschen Kurve abweichenden Werte darzustellen.

Es taucht hier von selbst die Frage auf: wie kann man denn überhaupt die theoretische Kurve (sei es die Einsteinsche, sei es die Nernst-Lindemannsche) zahlenmäßig berechnen? Steckt doch in diesen Formeln außer den bekannten universellen Konstanten R, h, k und der Temperatur T noch die unbekannte Größe ν, die Frequenz der Atomschwingungen! Ein stets gangbarer Weg, um ν zu finden, ist natürlich der folgende: man berechnet ν aus der Formel und irgend einem experimentell bekannten Wert bei bestimmter Temperatur. Es ist aber sehr bemerkenswert, daß es neben diesem empirischen Wege zur Berechnung der Schwingungsfrequenz der Atome noch eine ganze Reihe mehr theoretischer Methoden gibt, die zwischen recht verschiedenen Gebieten der Physik Brücken schlagen. So konnte *Einstein* die Schwingungszahl der Atome mit der Elastizität der Substanz verknüpfen; so fand *Lindemann* eine interessante Beziehung zwischen der Eigenfrequenz der Atome und der absoluten Schmelztemperatur, indem er von der Vorstellung ausging, daß die Schwingungsamplitude der Atome, die ja mit wachsender Temperatur zunimmt, beim Schmelzpunkt der Substanz so groß wird, daß benachbarte Atome zusammenstoßen. Endlich — und hierin liegt eine Erkenntnis von großer Tragweite — gelang es *Nernst* sogar, die *optischen* Eigenschaften gewisser Salze mit den thermischen zu verbinden, indem er die Hypothese aufstellte, *daß bei diesen Stoffen die für die Atomwärme in Frage kommenden Atomschwingungen dieselben Schwingungen seien, die sich auch optisch im ultraroten Wellengebiet bemerkbar machen.* Und zwar könne man die Frequenz ν der Atomschwingungen direkt mit der Frequenz der von *H. Rubens* und *H. Hollnagel* bestimmten „Reststrahlen" identifizieren, die von elektrisch geladenen Atomen (Ionen) emittiert werden.

Alle die genannten Methoden setzen uns in den Stand, die Schwingungsfrequenz der Atome aus bestimmten Substanzeigenschaften (thermischen, elastischen, optischen) zu berechnen und mit Hilfe der gefundenen ν-Werte die Atomwärme als Funktion der Temperatur darzustellen. Die Übereinstimmung der so berechneten Nernst-Lindemannschen Formel mit der Erfahrung ist durchweg sehr befriedigend.

Es bedeutete aber einen prinzipiellen Fortschritt, als man erkannte, daß es eigentlich nicht streng richtig sei von einer „isolierten Schwingungsfrequenz ν der Atome im festen Körper zu sprechen. Vielmehr ist, nach *A. Bravais*, ein Kristall (den wir als typisches Beispiel wählen) aus einem *Raumgitter* regelmäßig angeordneter Atome aufgebaut. In einem solchen Gitter aber vollführen die einzelnen Atome nicht voneinander unabhängige Schwingungen von bestimmter Frequenz, sondern die Atome beeinflussen einander wie die benachbarten Teile einer schwingenden Saite. Und ebenso, wie die Saite eine große, praktisch unendliche Zahl verschiedenartiger Schwingungsbewegungen ausführen kann, die den Grundton und die Reihe der Obertöne erzeugen, *genau ebenso besitzt auch das betrachtete Raumgitter des Kristalls eine große Fülle von verschiedenen Schwingungsarten.* Besteht das Gitter aus N Atomen, so wird es im allgemeinen $3N$ verschiedene periodische Bewegungen (Eigenschwingungen) mit $3N$ verschiedenen Schwingungszahlen (Eigenfrequenzen) ausführen können. Die langsamsten dieser Schwingungen sind die Schallschwingungen, die schnellsten fallen in den Frequenzbereich des ultraroten Lichtes. Die Gesamtheit dieser $3N$ Eigenschwingungen heißt das *akustische Spektrum* des Körpers. Die Eigenfrequenzen rücken immer näher aneinander heran, wenn man, von niedrigen Frequenzen beginnend, zu immer höheren ansteigt, und häufen sich an der oberen Grenze des akustischen Spektrums (d. h. bei den höchst möglichen Frequenzen) stark an, ähnlich wie die Linien optischer Spektralserien. Die Bestimmung des akustischen Spektrums wurde einerseits von *M. Born* und *Th. v. Karmán* durchgeführt, die das tatsächliche Gitter mathematisch durch ein unendlich ausgedehntes approximierten, andererseits von *P. Debye*, der das Spektrum des aus N Atomen bestehenden Gitters durch dasjenige eines elastischen Kontinuums ersetzte und bei der $3N$-ten Eigenschwingung abbrach.

Wie man nun, nach Kenntnis des akustischen Spektrums, im Sinne der Quantentheorie zu verfahren hat, um zu dem Ausdruck für den Energieinhalt des Körpers und von da zu seiner Atomwärme zu gelangen, ist ohne weiteres klar. Denn an Stelle des mit der Frequenz ν linear schwingenden Atoms, das *Einstein*, wie wir sahen, energetisch mit einem linearen Planckschen Oszillator identifizierte, tritt hier eben eine einzelne Eigenschwingung von der Frequenz ν. Daher hat man jeder einzelnen Eigen-

schwingung des akustischen Spektrums entsprechend ihrer Eigenfrequenz ν die Energie

$$\frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1} \text{ (erg)}$$

zu erteilen — wie einem Planckschen Oszillator — und über alle Eigenfrequenzen des akustischen Spektrums zu summieren. Der fundamentale Unterschied gegen die Einsteinsche Auffassung besteht darin, daß hier eine große Reihe verschiedener Frequenzen auftritt, während bei *Einstein* nur eine einzige Schwingungsfrequenz der Atome in Frage kommt.

Die Formeln von *Debye* und von *Born* und *v. Karmán* führen übereinstimmend zu dem experimentell bestätigten interessanten Resultat, *daß die Atomwärme der festen Körper bei tiefer Temperatur der dritten Potenz der absoluten Temperatur proportional ist.* Auch für höhere Temperaturen bewährt sich die Debyesche Formel aufs beste.

Trotz der erstaunlichen Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment darf man sich jedoch einem Gedanken nicht entziehen, der sich einem unwiderstehlich aufdrängt, wenn man die jüngste Entwickelung der Lehre von den Atomwärmen überblickt: So wenig es zweifelhaft sein kann, daß man mit den aufgestellten Formeln der Wahrheit recht nahe gekommen ist, ebenso wenig darf man sich darüber täuschen, daß im Grunde auch hier, wie bei der Strahlungstheorie, die beiden Grundlagen der Rechnung einander widersprechen. Denn die Schwingungszahl der Atome oder die Gesamtheit der im akustischen Spektrum enthaltenen Schwingungszahlen berechnet man nach den Prinzipien der klassischen Mechanik; die Energie aber, die man den einzelnen Eigenschwingungen zu erteilen hat, bestimmt man nach den Regeln der Quantentheorie, die mit der klassischen Mechanik unvereinbar ist. Vorläufig aber kann man sich den Satz, daß jeder Eigenschwingung eines festen Körpers von der Frequenz ν im thermodynamischen Gleichgewicht bei der Temperatur T die Energie

$$\frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1} \text{ (erg)}$$

zukommt — und dieser Satz trifft zweifellos den Kern der Sache — nicht anders deuten, als durch die befremdliche Hypothese, daß die Energie der Eigenschwingungen, die doch hier *rein mechanischer* Natur ist, nur ganze Vielfache von $h\nu$ beträgt. Vielleicht — und darauf wies *Nernst* in jüngster Zeit hin — kann man diese Schwierigkeiten lösen, wenn man annimmt, daß die Kräfte, die die Atome im Gitter zusammenhalten, nicht gewöhnliche elastische Kräfte, sondern chemische Valenzkräfte sind, deren Natur und Wirkungsweise ohne Zweifel von der der rein mechanischen Kräfte sehr verschieden ist. Hier können erst weitere Untersuchungen Klarheit schaffen.

§ 4.

Neben den bisher betrachteten Formen der Quantentheorie, die sich wesentlich auf periodische Vorgänge (Oszillatorschwingung, Atomschwingung) bezogen, ist eine von *A. Sommerfeld* aufgestellte Quantenhypothese besonders bemerkenswert dadurch, daß sie sich auch auf *nicht* periodische Molekularprozesse, wie z. B. die Emission der Röntgenstrahlen und der γ-Strahlen anwenden läßt.

Sommerfeld wies mit Betonung darauf hin, daß die von *Planck* neu eingeführte Konstante h, die, mit der Frequenz ν multipliziert, das Energiequantum ε ergibt, und die in der Strahlungstheorie wie in der Theorie der Atomwärme eine wesentliche Rolle spielt, kein *Energie*quantum von der Dimension einer Energie sei, sondern ein *Wirkungs*quantum von der Dimension Energie mal Zeit. Diese Tatsache führte ihn zu der Vermutung, daß für den Energieaustausch bei Molekularprozessen nicht gewisse Energiemengen von bestimmter Größe (ε) charakteristisch sind, *sondern daß vielmehr der zeitliche Ablauf des Energieaustausches in universeller Weise geregelt ist. Allgemein werden große Energiemengen in kurzer Zeit von den Molekülen aufgenommen oder abgegeben, kleine Energien in langer Zeit, derart, daß im wesentlichen das Produkt aus der Energie und der Zeit des Energieaustausches konstant ist.* In der Tat werden schnelle (d. h. mit großer Energie fliegende) Kathodenstrahlen beim Auftreffen auf Materie in kürzerer Zeit gebremst und erzeugen daher härtere Röntgenstrahlen als langsame Kathodenstrahlen. Auch sind die schnellen β-Strahlen radioaktiver Substanzen von härteren, d. h. in kürzerer Zeit emittierten γ-Strahlen begleitet, als die langsamen β-Strahlen.

Es würde zu weit führen, hier die allgemeine Formulierung der Sommerfeldschen Hypothese ausführlich darzustellen. In den meisten Fällen nimmt sie die folgende einfache Gestalt an: man denke sich einen beliebigen Molekularprozeß, dessen Ablauf eine gewisse Zeit τ in Anspruch nimmt. Multipliziert man dann die Energie des betrachteten Systems zu Anfang des Prozesses mit der Dauer τ des Prozesses, so ist dieses Produkt, das man die *Wirkungsgröße* des Prozesses nennt, eine Konstante, die dem Planckschen h proportional ist. (Der Proportionalitätsfaktor hängt von der speziellen Art des Molekularprozesses ab und ist in jedem Falle berechenbar.) *Es ist also die Wirkungsgröße eines Molekularprozesses konstant;* mit anderen Worten: *Molekularprozesse gehen nach bestimmten Wirkungsquanten vor sich.*

Betrachtet man z. B. die Entstehung von Röntgenstrahlen beim Auftreffen der Kathodenstrahlen auf die Antikathode eines Röntgenrohres, so erkennt man, daß der hier in Frage kommende Molekularprozeß in der Bremsung eines fliegenden Elektrons im Innern eines Atoms besteht; in diesem Falle gilt daher nach *Sommerfeld* die wichtige Beziehung:

Energie der Kathodenstrahlen mal Bremsdauer $= \frac{1}{2}\,h$

(der Proportionalitätsfaktor ist hier rund $\frac{1}{2}$), die uns erlaubt aus der bekannten Energie der erzeugenden Kathodenstrahlen die Bremsdauer τ und damit die „Impulsbreite" $\lambda = c \cdot \tau$ der entstehenden Röntgenstrahlen zu berechnen ($c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec ist die

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum). Die Werte dieser Impulsbreite λ, die uns bekanntlich ein Maß für die „Härte" der Röntgenstrahlen gibt, sind jedoch leider zurzeit noch wenig sichergestellt; daher mußte *Sommerfeld* zur Prüfung seiner Hypothese einen Umweg einschlagen, indem er aus der obigen Gleichung für eine bestimmte Kathodenstrahlgeschwindigkeit das Verhältnis der Energien der Röntgenstrahlung zu der der erzeugenden Kathodenstrahlung (den Nutzeffekt) berechnete und das Ergebnis mit dem Experiment verglich. Die Übereinstimmung war recht befriedigend. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei der Erzeugung der γ-Strahlen durch die Ausschleuderung der β-Strahlteilchen. Hier tritt an die Stelle der Kathodenstrahlenergie die Energie der β-Strahlen, an die Stelle der Bremsdauer τ die Emissionszeit der β-Strahlteilchen, d. h. die Zeit, in der ein β-Strahlteilchen von der Ruhe bis zu *der* Geschwindigkeit beschleunigt wird, mit der es am Ende des Loslösungsprozesses das Atom verläßt.

Ein weiterer Fall, auf den *Sommerfeld* seine Theorie mit Erfolg anwandte, war die Erscheinung des *lichtelektrischen Effekts*. Dieser Effekt besteht wesentlich im folgenden: bestrahlt man gewisse blanke Metallflächen mit Licht, so entsenden sie Elektronen. Nimmt diese Elektronenemission, bezogen auf die absorbierte Lichtmenge als Einheit, stetig zu, wenn man mit Licht immer höherer Frequenz bestrahlt, und ist sie wesentlich unabhängig von der Polarisation des Lichtes, so spricht man vom *normalen* lichtelektrischen Effekt. Zeigt dagegen die Elektronenemission ein scharfes Maximum, wenn das bestrahlende Licht eine bestimmte Frequenz und eine bestimmte Polarisation besitzt, so hat man den von *R. Pohl* und *P. Pringsheim* entdeckten *selektiven* lichtelektrischen Effekt vor sich. Auf diesen allein bezieht sich *Sommerfelds* Theorie.

Der hier vorliegende Molekularprozeß besteht darin, daß durch die Wirkung des Lichtes Elektronen aus dem Atom losgelöst und fortgeschleudert werden. Dementsprechend bildet sich *Sommerfeld* die folgende Vorstellung: Die elastisch gebundenen „lichtelektrischen" Elektronen im Atom beginnen unter dem Einflusse des Lichtes zu schwingen (genau wie es in der Theorie der Dispersion und Absorption angenommen wird); stehen sie in vollständiger Resonanz mit dem Licht (d. h. ist die Frequenz des erregenden Lichtes genau gleich der Eigenfrequenz der Elektronen), so wächst ihre Schwingungsamplitude allmählich an, proportional der Zeit. Nach Ablauf einer gewissen Zeit τ, der Akkumulationszeit (so genannt, weil das Elektron der äußeren Lichtwelle Energie entzieht und in sich „aufspeichert"), löst sich das Elektron vom Atom los und fliegt mit der Energie, die es gerade besitzt, von ihm fort. Die Größe dieser Akkumulationszeit bestimmt nun *Sommerfeld* wiederum aus seiner Hypothese des Wirkungsquantums. Die Loslösung tritt demnach erst ein, wenn die Wirkung einen bestimmten Betrag erreicht hat. Auf diesem Wege gelangt *Sommerfeld* zu dem schon von *Einstein* auf Grund der Lichtquantentheorie abgeleiteten Gesetz: *die kinetische Energie der Elektronen im Augenblick ihrer Loslösung ist gerade gleich einem Energiequantum hν, wenn ν die Frequenz des am stärksten erregenden Lichtes ist.* Hieraus folgt: *die Geschwindigkeit der emittierten Elektronen ist von der Intensität des auffallenden Lichtes unabhängig und der Wurzel aus der Frequenz des maximal erregenden Lichtes proportional.* Ob diese Sätze für den selektiven Effekt zutreffen, müssen weitere Experimente lehren. Vorläufig sind sie nur für den normalen Effekt bewiesen worden, für den allerdings die vorangehenden Entwicklungen kaum gelten dürften.

Es sei erwähnt, daß die Sommerfeldsche Theorie auch auf eine Reihe anderer Erscheinungen mit Erfolg angewandt worden ist, so z. B. auf die Stoßionisation, d. h. die Lossprengung eines Elektrons von einem Atom durch den Stoß fremder Elektronen, und ferner auf die Berechnung der kleinsten in magnetischen Substanzen vorkommenden Magnetismusmengen (Magnetonen).

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen: wie verhält sich die Sommerfeldsche Theorie, die man die Theorie des „elementaren Wirkungsquantums" nennen kann, zur Planck-Einsteinschen Quantentheorie? Beide Theorien fallen aus dem Rahmen der klassischen Mechanik und Elektrodynamik heraus, das ist sicher! Während aber die Planck-Einsteinsche Theorie stets an einem Punkte diesen beiden Disziplinen widerspricht, ist Sommerfelds Theorie mit ihnen verträglich. Bei der Berechnung der Energie der Röntgenstrahlen, der γ-Strahlen oder der lichtelektrischen Elektronen folgt *Sommerfeld* genau den klassischen Gesetzen der Mechanik und Elektrodynamik. Unbestimmt aber bleibt nach der klassischen Theorie die Bremsdauer der Kathodenstrahlen, die die Röntgenstrahlen erzeugen, unbestimmt ist ferner die Emissionsdauer der β-Strahlteilchen, die die γ-Strahlen hervorrufen, und auch über die Akkumulationszeit der lichtelektrischen Elektronen vermögen weder Mechanik noch Elektrodynamik irgend etwas auszusagen. Hier greift die Sommerfeldsche Hypothese ergänzend ein, indem sie die von den klassischen Theorien unbestimmt gelassenen Größen zu berechnen erlaubt.

Diesen Vorteilen gegenüber darf man sich jedoch darüber nicht täuschen, daß vorläufig noch der Weg von der Sommerfeldschen Hypothese bis zur Strahlungsformel des schwarzen Körpers und zur Theorie der Atomwärmen recht weit und dunkel ist. Zwar sahen wir, daß auch nach *Sommerfeld* beim lichtelektrischen Prozeß Energiequanten von der Größe *hν* abgesondert werden, und so könnte man daran denken, gerade lichtelektrischen Prozessen bei der Herstellung des thermodynamischen Gleichgewichts eine wesentliche Rolle beizulegen. Wie man sich aber diese Dinge im einzelnen vorstellen soll, darüber läßt sich zurzeit noch recht wenig sagen. —

Überblicken wir nun zum Schlusse noch einmal die Entwicklung und Ergebnisse der Lehre, die man unter dem Namen Quantentheorie zusammenfaßt, so muß man gestehen, daß diese Theorie in der kurzen Zeit ihres Bestehens eine erstaunliche Fülle schöner Erfolge gezeitigt hat. Die wechselnden Formen der Theorie zeigen uns zwar, daß die Ideen

noch in starkem Flusse sind und daß wohl noch einige Zeit vergehen wird, bis man der Quantentheorie eine endgültige Fassung geben kann. Inhaltlich aber trifft die Quantentheorie zweifellos den Kern der Sache, und als sicheres Resultat darf man wohl die Worte aussprechen, mit denen *M. Brillouin* die Ergebnisse des Brüsseler Solvay-Kongresses zusammenfaßte: *„Es ist zur Notwendigkeit geworden, in unsere physikalischen Vorstellungen eine Unstetigkeit einzuführen, ein Element, das sich nur sprungweise ändern kann, und von dessen Existenz wir bis vor wenigen Jahren nichts ahnten.“*

Die Geltung des Mendelschen Gesetzes beim Menschen.

Von Privatdozent Dr. Th. Mollison, Heidelberg.

Wie das Individuum, so verdankt auch die Rasse ihre Gestaltung zwei Reihen von Faktoren, erblichen Anlagen und äußeren Einwirkungen. Wer die Bedingungen der Rassenbildung untersuchen oder die rassiale Zusammensetzung der Völker analysieren will, der muß vor allem versuchen, die Gesetze kennen zu lernen, nach denen die Merkmale sich vererben. Das Studium der Vererbungsvorgänge bildet deshalb eine Grundbedingung der anthropologischen Forschung.

Wenn man heute in wissenschaftlichem Sinne von Vererbung redet, dann denkt man in erster Linie an jene Bastardierungsversuche, die ein so helles Licht auf dieses schwierige Gebiet geworfen haben. Dabei ist es immer wieder die von *Mendel* (1866) gefundene Gesetzmäßigkeit, die sich in den Vordergrund des Interesses drängt. *Mendel* entdeckte dieselbe bekanntlich an Pflanzen, indem er weißblühende und rotblühende Erbsen miteinander kreuzte. Er bemerkte, daß in der ersten Tochtergeneration alle Individuen rotblühend waren. Wurden die Individuen dieser Generation durch Selbstbefruchtung fortgepflanzt, so waren von den Nachkommen 75 % rotblühend, 25 % weißblühend, und bei Weiterzucht erwiesen sich die weißen als dauernd rein weiß, während von den 75 % rotblühenden 25 % rein rot weiterzüchteten und die übrigen 50 % wieder 25 % weiße und 75 % rote Nachkommen lieferten. Die Erscheinung erklärt sich in folgender Weise.

Bei Merkmalspaaren, die, wie man sagt, „mendeln“, d. h. dem Mendelschen Gesetz folgen, handelt es sich eigentlich nicht um zwei Merkmale, die einander gegenüber treten, sondern um *ein* solches, das im einen Falle vorhanden ist, im andern fehlt. Diese Anschauung, die sogenannte „presence and absence-Theorie“ von *Bateson* erklärt die Erscheinungen ganz zwanglos. So ist bei den roten Erbsenblüten die Anlage zur Bildung des roten Farbstoffes vorhanden, bei den weißen fehlt sie. Das läßt sich in einem Schema nebenstehender Art darstellen. Wählen wir zur Bezeichnung des positiv vorhandenen Merkmales schwarz, seines Fehlens weiß, so ist selbstverständlich, daß ein von rein schwarzer Aszendenz stammendes Individuum nicht nur selbst schwarz ist, sondern auch nur „schwarze“ Keimzellen, d. h. solche mit der Anlage für schwarz, enthält, während bei einem Individuum von rein weißer Abstammung die Anlage auch in den Keimzellen fehlt. Paaren sich die beiden Individuen (Fig. 1 a), so kann immer nur eine „schwarze“ Keimzelle mit einer „weißen“ zusammentreffen. Es wird also jedes der entstehenden Individuen die Anlage für schwarz erhalten und infolgedessen selbst schwarz aussehen; in seinen Keimzellen aber trennen sich die Anlagen in der Weise, daß nicht etwa sämtliche Keimzellen etwas von der Anlage für schwarz erhalten, sondern daß die Hälfte der Keimzellen die Anlage für schwarz erhält, die andere nicht. Diese Erscheinung hängt mit bestimmten Vorgängen der Karyokinese bei der Reduktionsteilung der reifenden Keimzellen zusammen, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Werden nun solche Bastard-Individuen wieder unter sich gepaart (Fig. 1 b), so sind vier

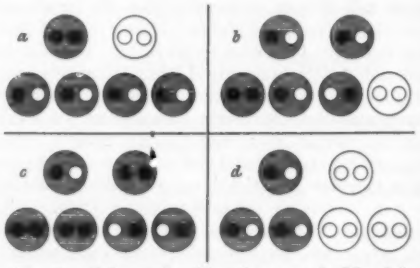


Fig. 1. Schema der Vererbung nach *Mendel*.

Die großen Kreise bedeuten die Individuen, die kleinen darin ihre Keimzellen. Die zwei oberen Kreise bedeuten immer zwei gepaarte Individuen, die vier darunter befindlichen ihre Nachkommen. Schraffierung bedeutet das Erscheinen der Eigenschaft „Schwarz“ (dominantes Merkmal) im Individuum.

Möglichkeiten der Kombination der Keimzellen gegeben. Entweder trifft eine „schwarze“ Keimzelle mit einer „schwarzen“ zusammen, oder eine „schwarze“ mit einer „weißen“, oder eine „weiße“ mit einer „schwarzen“, oder eine „weiße“ mit einer „weißen“. Da sämtliche Keimzellen gleiche Chance zur Vereinigung haben, wird nach der Wahrscheinlichkeit ¼ der Nachkommen aus je zwei schwarzen Keimzellen hervorgehen, ²/₄ aus je einer schwarzen und je einer weißen, und ¹/₄ aus je zwei weißen. Die drei Viertel, welche die Anlage für schwarz mitbekommen haben, werden dann schwarz aussehen, gleichviel, ob sie die Anlage nur von einem Elter oder von beiden, also doppelt geerbt haben; man sagt in diesem Falle, schwarz ist *dominant*, weiß ist *rezessiv*. Die rezessive Eigenschaft kann demnach nur dann hervortreten, wenn sie von beiden Eltern geerbt wurde, wenn also das Individuum *homozygotisch* rezessiv ist. In anderen Fällen besitzen die dominant-rezessiven, oder, wie man besser sagt, *heterozygotischen* Individuen, die also die Anlage (den Faktor, das Gen) für das betreffende Merkmal nur von

einem Elter geerbt haben, das dominante Merkmal nicht in so ausgesprochener Weise, wie die homozygotisch dominanten, sondern bilden eine Zwischenform.

Findet eine Rückkreuzung statt zwischen einem Heterozygoten und der homozygotisch dominanten Elternrasse (Fig 1 c), dann sind die Nachkommen zur Hälfte homozygotisch dominant, zur anderen Hälfte heterozygot. Bei einer Rückkreuzung mit dem rezessiven Typus (Fig. 1 d) wird die eine Hälfte der Nachkommen homozygotisch rezessiv, die andere heterozygotisch.

Die Geltung des Mendelschen Gesetzes wurde, wie gesagt, zunächst an Pflanzen erkannt, bald aber auch bei den verschiedenartigsten Tieren, z. B. bei Schnecken, Schmetterlingen, Käfern, Salamandern, Mäusen, Hunden und auch beim Menschen für gewisse Merkmale nachgewiesen. Freilich ist der Nachweis beim Menschen nicht so leicht zu führen, wie bei Versuchstieren, die nach Belieben gekreuzt werden können und in kurzer Zeit mehrere Generationen liefern. Zwar wurde die Geltung des Mendelschen Gesetzes beim Menschen

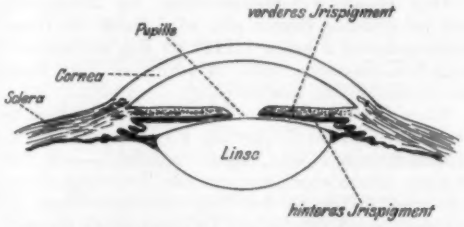


Fig. 2. Schnitt durch den vorderen Teil des Auges.

zuerst für pathologische Erscheinungen erkannt; doch wollen wir in unserer Betrachtung die normalen Merkmale vorangehen lassen.

Zuerst stellte *Davenport* (1907) für die Vererbung der Augenfarbe die Erscheinung von Dominanz und Rezessivität fest, die sich bei der Kreuzung von hellaugigen und dunkelaugigen Individuen insofern geltend macht, daß z. B. die braune Augenfarbe über die blaue dominiert. Braune und blaue Augenfarbe stellen in der Tat einen Unterschied dar, der nur durch das Vorhandensein oder Fehlen eines und desselben Pigmentes hervorgerufen wird. Denken wir uns einen Querschnitt durch den vorderen Teil des Auges gelegt (Fig. 2), so finden wir auf dem Querschnitt der Iris bei einem dunkeln Auge zwei Arten von Pigment: auf der hinteren Fläche der Iris, in dem Stratum pigmenti iridis und der pars iridica retinae, ein Pigment, das in jedem nicht albinotischen Auge vorhanden ist, und außerdem ein im Stroma und in der vorderen Grenzschicht in verschiedener Anordnung verteiltes Pigment. Bei rein blauen Augen fehlt dieses vordere Pigment, so daß dasjenige des Stratum pigmenti und der pars iridica retinae durch die darüber liegende trübe Schicht hindurch den Eindruck von blau hervorruft. Die zahlreichen Verschiedenheiten der Augenfarbe erklären sich durch Unterschiede in der Menge und Anordnung des vorderen Irispigmentes. So wird ein Auge, das die Anlage zur Bildung vorderen Pigmentes besitzt, sich immer dominant erweisen gegenüber einem solchen, das sie nicht besitzt.

Dominanz und Rezessivität sind noch kein ganz sicherer Beweis für die Geltung des Mendelschen Gesetzes. Aber *Davenport* konnte zeigen, daß die Nachkommen von Hybriden den Zahlen von Hell- und Dunkelaugigen zu entsprechen scheinen, die das Mendelsche Gesetz fordert; so z. B., daß zwei blauaugige Eltern, die also homozygotisch rezessiv sein müssen, niemals dunkelaugige Kinder haben, ferner, daß die Kinder eines blauaugigen, also rein rezessiven Elters und eines homozygotisch dunkelaugigen niemals blaue Augen haben, endlich, daß Kinder, deren eines Elter heterozygotisch dunkelaugig ist, das andere aber blauaugig, also rein rezessiv, zur Hälfte hell-, zur Hälfte dunkelaugig sind. Es dominiert dabei nicht allein braun gegen blau, sondern auch braun gegen grau und grau gegen blau, also immer die dunklere Farbe über die hellere.

Mit etwas anderem Vorgehen hat *Hurst* (1908) die Ergebnisse von *Davenport* bestätigt. Er kam zu den in untenstehender Tabelle dargestellten Resultaten. 20 Ehen von hellaugigen mit hellaugigen Individuen lieferten 101 Kinder, die alle hellaugig waren. 50 Ehen von Dunkelaugigen mit Dunkelaugigen zerfielen in zwei Gruppen; in 37 von diesen Familien waren alle Kinder (und zwar 195) dunkelaugig, bei 13 Familien waren hell- und dunkelaugige Kinder vorhanden, und zwar 45 dunkel- und 18 hellaugige. Zu der ersten Familiengruppe, die lauter dunkelaugige Kinder hervorbrachte, gehören natürlich die Ehen zweier homozygotisch Dunkelaugigen, ferner die Ehen zwischen einem homozygotisch und einem heterozygotisch dunkelaugigen Individuum. Die zweite Gruppe, in der auch hellaugige Kinder vorkamen, wird gebildet durch die Ehen zwischen zwei heterozygotisch dunkelaugigen Individuen. Theoretisch zu erwarten wären dabei 75 % dunkelaugige und 25 % hellaugige; der wirkliche Prozentsatz betrug 71 und 29, eine Abweichung, die bei mäßiger Individuenzahl natürlich bedeutungslos ist.

Vererbung der Augenfarbe nach Hurst.

20 Ehen hell—hell lieferten			101 Kinder sämtlich hellaugig	= 100%
von 50 Ehen dunkel—dunkel lieferten	37 Ehen		195 Kinder sämtlich dunkelaugig	= 100%
	13 Ehen	45 Kinder	dunkelaugig	= 71%
		18 Kinder	hellaugig	= 29%
von 69 Ehen dunkel—hell lieferten	17 Ehen		66 Kinder sämtlich dunkelaugig	= 100%
	52 Ehen	121 Kinder	dunkelaugig	= 47%
		137 Kinder	hellaugig	= 53%

69 Ehen eines dunkelaugigen und eines hellaugigen Individuums zerfielen ebenfalls in zwei Gruppen; in 17 Familien waren alle Kinder (66) dunkelaugig, in 52 Familien fanden sich auch hellaugige, und zwar unter 258 Kindern 121 dunkel- und 137 hellaugige. Die erste Gruppe wird eben durch Vereinigungen eines homozygotisch dunkelaugigen und eines hellaugigen, also rein rezessiven Elters gebildet, die zweite durch Ehen heterozygotisch Dunkelaugiger mit Hellaugigen, also rein Rezessiven. Zu erwarten wären dabei 50 % hell- und 50 % dunkelaugige Kinder; die Wirklichkeit betrug 47 bezw. 53 %. Nach diesen frappanten

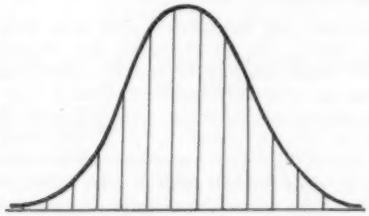


Fig. 3. Ideale Frequenzkurve.

Zahlenübereinstimmungen darf als gesichert gelten, daß die Augenfarbe mendelt.

Dadurch erklärt sich eine Erscheinung, die man schon lange kannte, aber nicht richtig deutete. Untersucht man irgend ein Merkmal bei den Individuen einer Rasse, stellt die einzelnen Grade des Merkmales nebeneinander und errichtet für jeden Grad eine Senkrechte, deren Höhe der Zahl von Individuen entspricht, die diesen Grad des Merkmals besitzen, und verbindet man dann die Endpunkte dieser Höhen, so erhält man in der Regel eine Kurve, die etwa das in Fig. 3 wiedergegebene Aussehen hat. Diese Frequenzkurve gleicht durchaus der Kurve des Gaußschen Fehlergesetzes. Findet sich an der Kurve irgendwelche beträchtliche Ab-

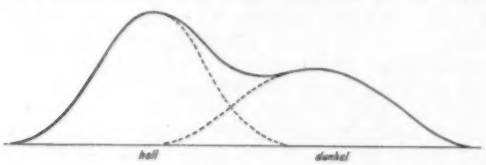


Fig. 4. Frequenzkurve für die Augenfarbe der badischen Rekruten nach *Ammons* Untersuchungen.

weichung von dieser Form, so muß ein besonderer Grund vorliegen, der die Abweichung bedingt. Nun fand *Ammon* (1899) bei seiner ausgedehnten Untersuchung an badischen Rekruten für die Augenfarbe eine Verteilung, die der in Fig. 4 gezeichneten Kurve entspricht[1]). Die Kurve hat, wie man sieht, einen zweiten seitlichen Gipfel oder doch ein seitliches Plateau. *Ammon* deutete die Erscheinung dahin, daß sie von einer unvollständigen Mischung von Dunkelaugigen und Hellaugigen herrühre, und daß mit zunehmender Mischung sich eine einheitliche Kurve herausbilden werde, deren Durchschnitt dann etwas mehr nach der Seite der dunkeln Augen hin liegen müßte, so daß also die Augenfarbe in Baden mit der Zeit an Dunkelheit zunehmen werde. *Ammon* war zu seinem Schlusse berechtigt, weil er von der Annahme ausging, daß bei Kreuzung von Hell- und Dunkelaugigen eine Zwischenform gebildet werde. Nachdem wir aber die mendelnde Eigenschaft der Augenfarbe erkannt haben, begreifen wir, daß eine Ausgleichung des seitlichen Gipfels nicht zu erwarten ist. Es stecken in der Kurve für die badische Population eben die Kurven für zwei Typen, die mit einander mendelnd gemischt sind, eine für die Hellaugigen und eine für die Dunkelaugigen, und diese beiden Gruppen werden auch in Zukunft immer wieder herausmendeln. Eine Bestätigung dafür bildet die Tatsache, daß die Augenfarbe in Schweden, wo die nordische Rasse mit Lappen und Finnen sich gemischt hat, eine ganz ähnliche Verteilung darbietet.

Daß dieser Vererbungsmodus der Augenfarbe auch bei anderen Rassen gilt, wird durch die Untersuchungen von *Fischer* (1912) an den südwestafrikanischen Bastards, also Mischlingen von Buren und Hottentotten, bewiesen.

Als weiteres mendelndes Merkmal erwies sich die Haarform, indem die krause Form dominiert, die schlichte rezessiv ist. Dabei besteht jedoch kein strenges Alternieren, sondern die heterozygotischen Individuen haben in der Regel lockiges Haar, das also gewissermaßen eine Zwischenform darstellt. Diese von *Davenport* (1908) gefundene Tatsache konnte *Fischer* (1912) an den Bastards bestätigen.

Für die Hautfarbe läßt sich die Geltung des Mendelschen Gesetzes bis jetzt nicht völlig klar nachweisen, es ist aber immer zu bedenken, daß gerade solche Merkmale, die innerhalb der Species Homo eine so reiche Abstufung aufweisen, vielleicht nicht durch ein Gen, sondern durch eine ganze Reihe von solchen hervorgerufen sein können. Da die einzelnen Gene dann durchaus unabhängig voneinander sich vererben werden, so wird es wegen der großen Zahl der möglichen Kombinationen nicht durchführbar sein, den Nachweis für eine gesetzmäßige Vererbung zu führen.

Dagegen gelang es *Fischer*, bei den Bastards die Vererbung der Nasenform nach dem Mendelschen Gesetz nachzuweisen, und zwar dominiert die hohe schmale Europäernase über die niedere, breite Negernase. Ebenso dominiert nach den Untersuchungen von *Salaman* die schmale, starkgebogene Nase der Sephardim (des südeuropäischen Zweiges der Juden) über die breite Nase.

Die europäische Form der Lidspalte dominiert nach *Fischers* Untersuchungen an den Bastards über die schiefe hottentottische Form. Ebenso dominiert die relativ breite Stirn über die relativ schmale.

Als ein mendelndes Merkmal ist zweifellos auch das Geschlecht zu betrachten, und zwar scheint es sich beim Menschen so zu verhalten, daß ein Faktor

[1]) *Ammon* gibt in seinem Buche nicht diese Kurve, die ich aus seinen Zahlen konstruierte, sondern diejenige für die Gesamtpigmentierung; da er jedoch dabei auf die Augenfarbe den Hauptwert legt, ist die Kurve der hier gezeichneten sehr ähnlich.

existiert, bei dessen doppeltem Vorhandensein im befruchteten Ei das weibliche Geschlecht entsteht, während bei einfachem Vorhandensein aus dem Ei ein männliches Individuum hervorgeht, oder, wie *Wilson* (1909) es ausdrückt, eine Dosis *X* bedingt männliches Geschlecht, zwei Dosen *X* weibliches Geschlecht. Für diese Annahme sprechen auch die cytologischen Befunde von *Montgomery* (1901) und anderen. Während die Chromosomen im allgemeinen paarweise vorhanden sind, existiert bei vielen Tieren noch ein Paar durchaus ungleicher Chromosomen, sogenannter Heterosomen, oder sogar ein einzelnes Chromosom ohne Partner, ein Monosom. Speziell beim Menschen scheinen es nach den Untersuchungen von *Guyer* (1910) zwei Chromosomen zu sein, bei deren doppeltem Vorhandensein weibliches Geschlecht entsteht. Dementsprechend enthält also die menschliche Ovocyte unter ihren 24 Chromosomen vier, welche der Geschlechtsbestimmung dienen und die doppelte Dosis *X* darstellen, während die Spermatocyte im ganzen nur 22 Chromosomen besitzt, darunter die zwei, welche als einfache Dosis *X* das männliche Geschlecht hervorrufen.

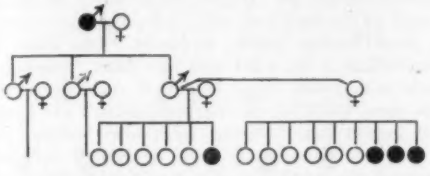


Fig. 5. Vererbung von totalem Albinismus nach *Farabee*. Die albinotischen Individuen sind schwarz gezeichnet.

Infolgedessen erhält jedes Ei einen Faktor *X*, von den Spermatozoen dagegen erhält nur die eine Hälfte den Faktor *X*, die andere erhält ihn nicht. Wird nun ein Ei, das den Faktor *X* immer besitzt, von einem Spermatozoon befruchtet, das ebenfalls ein *X* enthält, so kommen zwei *X* zusammen, es entsteht weibliches Geschlecht. Befruchtet dagegen ein Spermatozoon ohne den Faktor *X* das Ei, so enthält das befruchtete Ei nur ein *X*, es entsteht männliches Geschlecht. Das männliche Geschlecht ist also in bezug auf den Besitz von *X* heterozygot, das weibliche ist homozygot. Es ist begreiflich, daß aus der Paarung eines Heterozygoten und eines Homozygoten immer 50 % Heterozygoten, also diesmal männliche, und 50 % Homozygoten, in diesem Fall weibliche Nachkommen hervorgehen müssen. Daß in Wirklichkeit die Zahl der Knabengeburten etwas höher ist, deutet auf eine bessere Befruchtungsfähigkeit der männlich prädestinierten Spermatozoen. Jedenfalls liegt hierin kein zahlenmäßiges Gesetz, wie ja auch bekanntlich die Sexualproportion der Geburten durch Einflüsse des Milieus verändert werden kann. Daß das weibliche Geschlecht in der Tat homozygotisch ist, dafür werden wir später noch einen weiteren Beweis finden.

In bedeutend größerer Zahl, als normale Merkmale sind pathologische Erscheinungen am Menschen auf die Art ihrer Vererbung untersucht worden.

Der Albinismus, der angeborene Pigmentmangel, hat sich bis jetzt bei Nagetieren, auf welche sich die meisten vorliegenden Beobachtungen beziehen, immer als rezessiv erwiesen. Auch beim Menschen scheint solcher rezessiver Albinismus zu bestehen. Wenigstens läßt sich ein Stammbaum einer Negerfamilie, den *Farabee* mitgeteilt hat (Fig. 5), in diesem Sinne deuten. Ein albinotischer Neger heiratete eine normale Negerin und hatte mit derselben drei Söhne. Zwei dieser Söhne erzeugten mit normalen Negerinnen lauter normale Kinder. Der dritte Sohn dagegen erhielt von zwei Frauen, die er nacheinander heiratete, 15 Kinder, von denen vier Albinos waren. Wenn der erste Albino homozygotisch rezessiv war, dann ist verständlich, daß seine sämtlichen Kinder mit einer normalen, also wohl homozygotisch dominanten Frau Heterozygoten sein mußten mit dominierender normaler

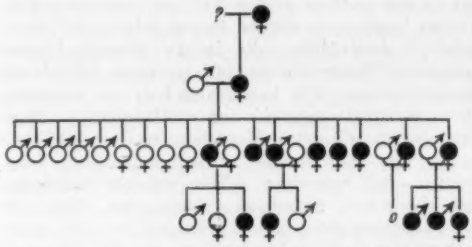


Fig. 6. Vererbung von partiellem Albinismus nach *Frassetto*. Die albinotischen Individuen sind schwarz gezeichnet. Nach einer neueren Berichtigung beträgt die Zahl der normalen Individuen der dritten Generation nur 7. Die Reihenfolge der Geburten ist hier außer acht gelassen.

Färbung. Ein Wiedererscheinen des Albinismus war nun nur möglich, wenn ein solcher Heterozygot sich mit einem Individuum paarte, das ebenfalls als Heterozygot einen latenten Albinismus besaß. Das scheint bei beiden Frauen des dritten Bruders der Fall gewesen zu sein. Die Unwahrscheinlichkeit dieser Annahme verschwindet, wenn man erfährt, daß in der betreffenden Umgebung noch verschiedene Fälle von Albinismus vorhanden waren. Aus der Paarung der beiden Heterozygoten waren ¾ normale und ¼ albinotische Kinder zu erwarten. In Wirklichkeit sind es vier unter fünfzehn, die Zahlen könnten also kaum besser stimmen.

Ganz anders verhält sich der partielle Albinismus der Familie *Anderson*, deren Stammbaum *Frassetto* (1910) mitteilt (Fig. 6). Es handelt sich wieder um eine Neger- und Mulattenfamilie, deren albinotische Glieder neben einer Fleckung des Rumpfes und der Extremitäten vor allem durch einen charakteristischen keilförmigen, annähernd symmetrischen albinotischen Streifen über Kopf und Gesicht ausgezeichnet sind. Eine solche partiell albinotische Negerin heiratete einen Neger, über dessen Hautfarbe nichts bekannt ist, vermutlich wird er normal gewesen sein. Die Tochter dieses Paares war albinotisch. In der Ehe mit einem

normalen Neger gebar sie 17 Kinder[1]), von denen 8 Albinos waren. Von den albinotischen Kindern heiratete ein Mädchen einen Weißen; diese Ehe blieb kinderlos. 3 Individuen verheirateten sich mit normalen Mulatten, und unter ihren 8 Kindern waren 5 Albinos. In diesem Falle folgt der Albinismus in klarer Weise dem Mendelschen Gesetz als dominantes Merkmal und trat infolgedessen bei dem ersten Bastardindividuum hervor, obwohl dieses die Anlage als Heterozygot nur von der Mutter geerbt hatte. Bei einer Paarung dieses Heterozygoten mit einem normalen Individuum, also unserem Fall d (Fig. 1) entsprechend, sind unter den Nachkommen 50 % normale und 50 % albinotische zu erwarten; die Wirklichkeit könnte dazu gar nicht besser stimmen. Auch die Albinos dieser Generation sind natürlich sämtlich Heterozygoten, die mit normalen Individuen 50 % Albinos erzeugen sollten. Beobachtet sind 5 Albinos und 3 Normale; eine in Anbetracht der geringen Zahl völlig genügende Übereinstimmung. Wollte man annehmen, daß es sich auch in diesem Fall um rezessiven Albinismus handele, so würde daraus folgen, daß sämtliche 5 Individuen, die in die Familie hineinheirateten, Heterozygoten mit latentem Albinismus gewesen seien. Wir haben also hier ein besonders klares Beispiel von dominantem Albinismus. Demnach haben wir beim Menschen zwei verschiedene Arten von Albinismus zu unterscheiden, dominanten und rezessiven. Wir müssen annehmen, daß bei der rezessiven Form das Gen für die Pigmentbildung fehlt, während bei der dominanten ein Gen vorhanden ist, das die Pigmentbildung verhindert. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der rezessive Albinismus immer ein totaler ist, während der partielle Albinismus dominiert. Übrigens hat auch *Bateson* einen Fall von Dominanz einer weißen Haarlocke beschrieben.

Nach dem Albinismus mag eine zweite Art abnormaler Pigmentbildung erwähnt werden, der Rutilismus, die Rothaarigkeit. Wenn es auch im großen und ganzen scheint, daß die Rothaarigkeit sich als ein rezessives Merkmal verhält, so sind doch die Untersuchungen zu sehr erschwert, um sichere Resultate zu geben. Nimmt man an, daß das rote, sogenannte diffuse (in Wirklichkeit wohl sehr feinkörnige) Pigment sich von dem grobkörnigen Pigment wirklich chemisch unterscheide, so haben wir 2 Pigmentarten, die unabhängig voneinander sich vererben, wobei das körnige Pigment das etwa gleichzeitig vorhandene diffuse verdecken kann. Infolgedessen läßt sich über die Vererbung des Rutilismus ein abschließendes Urteil bis jetzt nicht fällen.

Die Sommersprossen scheinen nach den Untersuchungen von *Hammer* mit einiger Wahrscheinlichkeit ein dominantes Merkmal darzustellen.

Eine zweite Gruppe von Merkmalen bietet die eigentümliche Erscheinung, daß weibliche Individuen das Merkmal nur in sehr seltenen Fällen aufweisen, trotzdem aber dasselbe auf ihre männlichen Nachkommen übertragen können, während Männer, denen das Merkmal fehlt, niemals eine Weitervererbung verursachen. Es handelt sich da um Merkmale, die in deutlicher Weise dem Mendelschen Gesetz folgen, wobei aber die Dominanz und Rezessivität des Merkmales sich bei den beiden Geschlechtern verschieden verhält, so daß es beim Mann dominant ist, bei der Frau rezessiv. Dahin gehört vor allem die häufigste Form der Farbenblindheit, die Rotgrünblindheit. Infolge des Dominanzwechsels dieses Merkmales ist der Mann farbenblind, auch wenn er die Farbenblindheit nur von einem seiner Eltern geerbt hat, die Frau muß sie von beiden Eltern geerbt haben, damit sie in Erscheinung tritt. Dadurch wird begreiflich, daß Männer etwa zehnmal so oft farbenblind sind als Frauen. Die Tatsache erklärt sich durch die einfache, von *Lenz* (1912) stammende Annahme, daß die Ursache für die Farbenblindheit in einem Defekt jener Erbeinheit besteht, die, wie oben erwähnt, wenn sie in doppelter Zahl vorhanden ist, das weibliche Geschlecht bedingt, wenn sie dagegen nur einfach vorhanden ist, männliches Geschlecht hervorruft. *Lenz* (1912) bezeichnet diese Erbeinheit mit dem Buchstaben *W*. Da der Mann nur 1 *W* besitzt, so muß er farbenblind sein, sobald dieses eine *W* den betreffenden Defekt aufweist. Die Frau dagegen besitzt 2 *W*, wird also nur dann farbenblind sein können, wenn diese beiden *W* defekt sind, das heißt eben, wenn sie die Farbenblindheit als Homozygot geerbt hat. Daraus folgt aber weiter: jede farbenblinde Frau besitzt zwei defekte *W* und kein intaktes. Sie wird also auf ihre Nachkommen nur defekte *W* vererben können; folglich werden ihre sämtlichen Söhne mit defektem *W* ausgestattet sein und infolgedessen farbenblind. Man hat nun 17 Söhne farbenblinder Mütter untersucht und sie in der Tat sämtlich als farbenblind befunden.

Dem gleichen Vererbungstypus folgt, wie es scheint, ein Merkmal, das nicht direkt als pathologisch bezeichnet werden kann, die vorstehende Unterlippe der Habsburger, für welche *Häcker* (1911) nachweisen konnte, daß sie beim männlichen Geschlecht dominiert, beim weiblichen dagegen höchst selten auftritt.

Ebenso folgen diesem Typus gewisse Formen der progressiven Muskelatrophie sowie die gewöhnliche Form der mit Myopie gepaarten Hemeralopie, während eine andere Form der Nachtblindheit als einfaches dominantes Merkmal mendelt. Ein gutes Beispiel dieser einfach dominant-rezessiven Form der Nachtblindheit bildet der von *Nettleship* (1907) veröffentlichte Stammbaum der Familie Nougaret, von dem ein Teil in Fig. 7 dargestellt ist. Ein Nachtblinder hat mit einer normalen Frau zwei nachtblinde Töchter und einen normalen Sohn. Die Töchter müssen Heterozygoten mit dominanter Nachtblindheit gewesen sein. Die eine dieser Töchter bringt in der Ehe vier gesunde Kinder hervor, die in sieben Generationen eine große Reihe von durchweg gesunden Nachkommen erzeugen. Daß die Kinder dieses weiblichen Individuums alle normal waren, zeigt, daß von seinen gemischten Keimzellen zufälligerweise nur normale zur Fort-

[1]) Nach einer mir soeben (31. März 1913) zu Gesicht kommenden Berichtigung (1912) nur 15.

pflanzung gelangten, und damit war in dieser Linie die Nachtblindheit endgültig erloschen. Unter den Kindern der anderen Tochter befand sich eine Nachtblinde, und diese hatte wieder drei nachtblinde Söhne. Wir wollen die einzelnen Familien nicht weiter verfolgen; es besteht meist nur eine mäßige Kinderzahl, so daß die Zahlenverhältnisse an den einzelnen Familien nicht klar ausfallen. Da aber die Familienglieder nicht unter sich heirateten, so waren natürlich sämtliche nachtblinde Individuen Heterozygoten, die sich mit normalen Individuen rückkreuzten. Wir haben also immer unseren Fall Fig. 1 d, wonach unter den Kindern der Nachtblinden 50 % Nachtblinde und 50 % Normale zu erwarten wären. In Wirklichkeit sind 23 der Kinder nachtblind und 24 normal. Von Wichtigkeit ist, daß die Nachkommen eines normalen Gliedes dieser

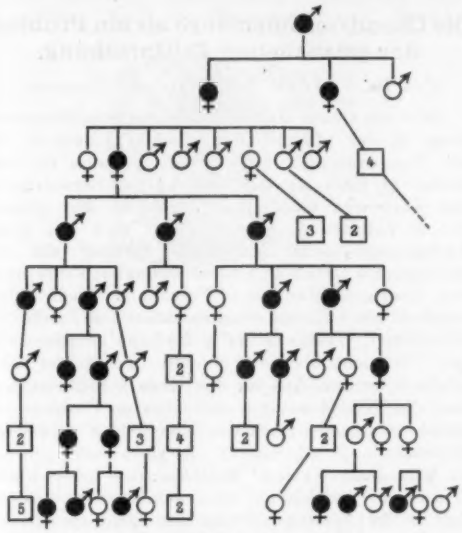


Fig. 7. Vererbung der Nachtblindheit (einfach dominante Form) nach *Nettleship*.

(Die Zahlen in Quadraten bedeuten normale Individuen.)

Familie immer normal sind; das ist selbstverständlich, denn ein normales Individuum kann diese Form der Nachtblindheit auch nicht latent geerbt haben, da sie ja als dominantes Merkmal sich manifestieren müßte. Das ist von Bedeutung, wenn es sich darum handelt zu entscheiden, ob man einem normalen Individuum aus einer Familie mit erblicher morphologischer oder funktioneller Mißbildung die Ehe gestatten soll oder nicht. Es hängt dies davon ab, ob das Merkmal dominant ist, oder rezessiv. Ist es dominant, so können wir jedem normalen Individuum normale Nachkommen voraussagen. Ist es aber rezessiv, so können wir nicht wissen, ob das fragliche Individuum es nicht als Heterozygot geerbt hat.

Ein weiterer Typus der Vererbung, der sich von demjenigen der Farbenblindheit wieder in einigen Zügen unterscheidet, wird durch die Hämophilie vertreten. Die von *Lossen* aufgestellte Regel für die Vererbung der Hämophilie lautet: „Die Anlage zur Blutung wird nur durch die Frauen übertragen, die selbst keine Bluter sind. Nur Männer sind Bluter, vererben aber, wenn sie Frauen aus gesunder Familie heiraten, die Bluteranlage nicht.“ Diese eigentümlichen Vererbungserscheinungen haben zahlreiche Erklärungsversuche veranlaßt, und nachdem man die alternative Vererbung kennen gelernt hatte, war es naheliegend, auch die Hämophilie als ein dem Mendelschen Gesetz folgendes Merkmal zu betrachten. Das Freibleiben der Frauen erklärte man sich dadurch, daß man einen Dominanzwechsel annahm, also eine Erscheinung, wie wir sie bei der Farbenblindheit kennen lernten. Diese Annahme bietet aber keine völlige Erklärung der Tatsachen. Denn wenn die Hämophilie auch bei Frauen sich rezessiv verhielte, also nur bei solchen weiblichen Individuen sich manifestierte, die es als Homozygoten von beiden Eltern geerbt hätten, so müßten solche Homozygoten doch hier und da einmal auftreten, um so mehr, als in Bluterfamilien die Verwandtenheiraten nicht gerade selten zu sein pflegen. In Wirklichkeit aber haben sich die Fälle von angeblichen weiblichen Blutern durchweg als zweifelhaft herausgestellt; es handelt sich um Metrorrhagien und ähnliche Erscheinungen, die nicht mit echter Hämophilie zusammengeworfen werden dürfen. Weiterhin geht aus den Stammbäumen hämophiler Familien hervor, daß ein Bluter seine Eigenschaft niemals auf seine Nachkommen vererbt, weder auf seine Söhne, noch auf seine Töchter; heiratet er eine normale Frau, so sind seine Nachkommen immer normal. Am einfachsten erklären sich diese Erscheinungen durch die Annahme von *Lenz* (1912), daß jedes Spermatozoon, welches die Anlage für Hämophilie mitbekommt, zugrunde geht, so daß also von den Keimzellen eines Bluters nur diejenigen überleben, die das schädliche Gen nicht mitbekommen haben, so daß er aus diesem Grunde nur gesunde Nachkommen haben kann. Diese Erklärung ist von den bis jetzt gegebenen die verhältnismäßig einfachste und findet ein Analogon bei einer Levkojen-Varietät, die in bezug auf gefüllte und einfache Blüten heterozygot ist, und bei der die Pollenkörner mit dem Gen für einfache Blüten befruchtungsunfähig sind.

Der Dominanzwechsel erklärt sich bei der Hämophilie in ganz der gleichen Weise, wie bei der Farbenblindheit. Da aber ein Bluter seine Eigenschaft niemals vererbt, so kann eine Tochter immer nur von ihrer Mutter eine defekte Erbeinheit *W* erhalten; vom Vater erhält sie immer ein intaktes *W*, so daß die Hämophilie bei ihr nicht in Erscheinung tritt. Dagegen wird ein Sohn, der von seiner Mutter ein defektes *W* erbte, notwendig ein Bluter sein, da er ja überhaupt nur ein *W* besitzt.

Es ist natürlich nicht möglich, hier auf alle die Merkmale einzugehen, für welche bis jetzt eine Vererbung nach dem Mendelschen Gesetz nachgewiesen oder wahrscheinlich gemacht wurde. Namentlich haben gewisse Mißbildungen und konstitutionelle Erkrankungen zur Klärung der Vererbungsfragen

wesentlich beigetragen; ich nenne von den bisher nicht erwähnten nur die Hyperdactylie, die Brachydactylie, den Spaltfuß, die Tylosis palmaris et plantaris, die Alkaptonurie, die erbliche Polyurie, die präsenile Cataract.

Endlich mag noch ein Komplex von Merkmalen Erwähnung finden, der von den bisher behandelten morphologischen und funktionellen Merkmalen zu trennen ist und gewissermaßen eine Gruppe für sich bildet. Bringt man zu verdünntem Blut eines Menschen eine kleine Menge von Blutserum eines anderen, so werden in einem gewissen Prozentsatz der Fälle die Blutkörperchen agglutiniert, sie ballen sich zu Klumpen zusammen. Das Eintreten dieser Reaktion ist, wie *von Dungern* und *Hirschfeld* (1909) gezeigt haben, von dem Zusammentreffen bestimmter chemischer Strukturen in den Blutkörperchen mit darauf wirkenden Isoagglutininen bedingt. Es lassen sich zwei Bestandteile *A* und *B* unterscheiden und ebenso zwei gegen diese gerichtete Agglutinine α und β. Nun ist es *von Dungern* gelungen, nachzuweisen, daß der Besitz der Strukturen *A* und *B* mit größter Wahrscheinlichkeit dem Mendelschen Gesetze folgt, wobei natürlich immer der Besitz der betreffenden Struktur dominant ist, der Nichtbesitz rezessiv. Damit ist zum ersten Male gezeigt, daß biochemische Strukturen den gleichen Vererbungsgesetzen gehorchen, wie morphologische Merkmale. Es ist recht wohl möglich, daß uns später einmal die Vererbung der Form und der Funktion als eine Folgeerscheinung der Kontinuität des Eiweißaufbaues sich darstellt.

Zitierte Arbeiten.

Ammon, O., Zur Anthropologie der Badener. Jena 1899.
Bateson, W., Mendels principles of heredity. Cambridge 1909.
Davenport, C. and *B.*, Heredity in eye-colour in man. Science N. S. vol. 26, 1907.
Davenport, C. and *B.*, Heredity in hair-form in man. Amer. Natur. vol 42, 1908.
v. Dungern, E., und *L. Hirschfeld*, Über Nachweis und Vererbung biochemischer Strukturen. Zeitschr. f. Immunitätsforschung u. experim. Therapie, I, Originale, Bd. 4, 1909, S. 531, u. Bd. 6, 1910, S. 284.
Farabee, Notes on Negroe Albinisme. Science N. S. vol 17, 1903.
Fischer, E., Rassenkreuzung und Vererbung nach Beobachtungen an den Bastards in Deutsch-Südwest-Afrika. Sitzungsbericht der Physik.-med. Ges. Würzburg, 1912.
Fischer, E., Die Rehobother Bastards und das Bastardierungsproblem. Jena 1913.
Frassetto, F., Casi di Albinismo parziale ereditario nella famiglia Anderson. Atti della Soc. Romana di Antropol. Bd. XV, 1910.
Frassetto, F., A proposito di Albinismo parziale ereditario nella famiglia Anderson. Rivista di Antropologia Bd. XVII, 1912.
Guyer, M. F., Accessory chromosomes in man. Biological Bulletins 1910 (cit. b. Lenz).
Hammer, Die Bedeutung der Vererbung für die Haut und ihre Erkrankungen. Verh. d. dermatol. Ges. 1908.
Häcker, V., Allgemeine Vererbungslehre. Braunschweig 1911.
Hurst, C. C., Inheritance of eye-colour in man. Proc. Roy. Soc. London vol 80, 1908.
Lenz, Fr., Über die krankhaften Erbanlagen des Mannes und die Bestimmung des Geschlechts beim Menschen. Jena, 1912.
Lossen, H., Die Bluterfamilie Mampel bei Heidelberg. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie 1877 (cit. b. Lenz).
Mendel, Gr., Versuche über Pflanzenhybriden. Verh. Naturf. Ges. Brünn, 1866 und in Ostw. Klass. d. ex. Wiss. Nr. 121. Leipzig, 1901.
Montgomery, Th., A study of the chromosomes of the germ cells of Metazoa. Transact. of the American Philos. Soc. 1901 (cit. b. Lenz).
Nettleship, E., A history of congenital stationary Night Blindness in nine consecutive generations. Ophtalmol. Soc. Transact. 1907. Ref. in Arch. f. Rass. u. Ges. Biol. 1908.
Wilson, E. B., Recent researches on the determination and heredity of sex. Science 1909.

Die Chondriosomenlehre als ein Problem der pflanzlichen Zellforschung.

Von Dr. V. Vouk, Zagreb-Agram (Kroatien).

Seit etwa zwei Jahren ist die Chondriosomenfrage in der pflanzenanatomischen Literatur an der Tagesordnung. In kurzem Zeitraum ist eine Reihe von interessanten Arbeiten von hervorragenden Forschern über dieses Problem der pflanzlichen Zellforschung erschienen und ein jeder Fachgenosse sucht sich auch darüber ein abschließendes Urteil zu bilden, wenngleich dies nach dem heutigen Stand der Forschung noch kaum möglich ist. Einige zusammenfassende Arbeiten (*Schmidt*[1]), *Guilliermond*[2]), *Rudolph*[3])) geben uns eine Übersicht über die gesamte, nun schon zahlreiche Literatur. Aus ihr den Kern herauszusuchen und die Nichtbotaniker mit diesem Problem bekannt zu machen, ist der Zweck der folgenden Zeilen.

Mit dem Namen *Mitochondrien* oder *Chondriosomen* bezeichnet man schon seit längerer Zeit in der tierischen Zellenlehre ganz spezifische, charakteristisch geformte Körperchen, die mit bestimmten Farbstoffen tingierbar sind und die alsbald als spezifische Bestandteile der tierischen Zellen erkannt wurden. Dieselben Körperchen sind eigentlich zu verschiedenen Zeiten von verschiedenen Forschern unter verschiedenen Namen beschrieben worden. Granula von *Altmann*, Chondriomiten von *Benda*, Chromidien von *Hertwig*, Chromidialapparat von *Goldschmidt*, Histomeren von *Heidenhein* sind wahrscheinlich alles Namen für ein und dieselbe Art von fädigkörnigen Inhaltsbestandteilen von Protoplasma der tierischen Zellen,

[1]) *E. W. Schmidt*, Pflanzliche Mitochondrien. Progressus rei botanicae, Bd. IV, Heft 2, 1912.

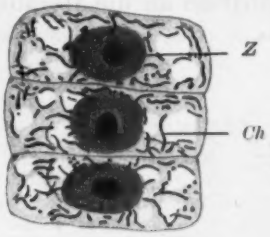
[2]) *A. Guilliermond*, Recherches sur le mode de formation de l'amidon et sur les plastes des végéteaux (leuco-, chloro- et chromoplastes). — Contribution à l'étude des mitochondries chez les végétaux. (Archives d'anatomie microscopique, Tome XIV, Fasc. III, 1912.)

[3]) *K. Rudolph*, Chondriosomen und Chromatophoren. Beitrag zur Kritik der Chondriosomentheorien. Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch. Jahrg. 1912, Bd. XXX, Heft 9, 1912.

die *Meves* unter dem Namen *Chondriosomen* oder *Mitochondrien*[1]) zusammenfaßt.

Es erschien nun vom Standpunkte der allgemeinen Zellforschung sehr wichtig, die Frage zu untersuchen, ob die Chondriosomen auch in den pflanzlichen Zellen vorkommen. Tatsächlich konnte *Meves* in den Zellen der Pollensäcke einer Seerose nach Fixierung mit Chromosmiumessig und Färbung mit Eisenhämatoxylin chondriosomenartige Strukturen auffinden. Mit dieser im Jahre 1904 gemachten Beobachtung wurde die pflanzliche Chondriosomenlehre begründet. Es wurden später von anderen Forschern *(Tischler, v. Derschau, Lundegard)* in den verschiedenen Zellen ähnliche fädige Körperchen beobachtet, die aller Wahrscheinlichkeit nach nur Chondriosomen sind.

Den Chondriosomen hat man in der zoologischen Literatur verschiedene Bedeutung zugeschrieben. Nach der Meinung einiger Forscher



Jugendliche Zellen aus der Wurzel von der Gerste. Z = Zellkern, Ch = Chondriosom. Nach *Guilliermond.*

spielen sie bei der Spermatogenese eine wichtige Rolle, nach den anderen sollen sie die Stoffwechselvorgänge in der Zelle einleiten oder sollen sogar für die Vererbung als Träger der Qualitäten des Plasmas im Gegensatz zu den Chromosomen als Träger der Qualitäten des Zellkernes von Bedeutung sein. Man ist also über die Funktion der Chondriosomen im Zellgetriebe noch völlig unorientiert. Ebenso ist es in der botanischen Literatur. *Zimmermann* hat seine Granula als Inhaltskörper der Pflanzenzellen, noch bevor die Chondriosomen bekannt waren, entdeckt, und man konnte über diese höchstwahrscheinlich mit den Chondriosomen identischen Inhaltskörper der Pflanzenzelle keinen funktionellen Aufschluß geben. Die Chondriosomenlehre wäre aus dem letzten Grunde gewiß nicht während der letzten zwei Jahre in den Vordergrund der pflanzlichen Zellforschung getreten und man hätte sich wahrscheinlich mit der Konstatierung des Vorkommens und mit der gelegentlichen Beobachtung begnügt, hätten nicht inzwischen *Pensa, Lewitsky* und *Guilliermond* durch fast gleichzeitig ausgesprochene neue Ideen über die Rolle der Chondriosomen in der Pflanzenzelle die ganze Lehre in neue Bahnen gelenkt. Dieser neue Gedanke wurde später durch neue Beobachtungen von *Forenbacher* unterstützt.

Alle diese Autoren beobachteten in den Schnitten verschiedener Pflanzenteile Chondriosomen in verschiedenen Größen, vom kleinsten Körnchen im Cytoplasma bis zur Größe der Farbkörper oder Chromatophoren. In der ersten Linie waren dies die Träger des grünen Farbstoffs, Chlorophyll- oder Chloroplasten genannt, welche nach *Bendas* Methode in den Präparaten dieselbe Färbung annahmen wie die Chondriosomen. Daraus zog man den Schluß, daß *die Chloroplasten aus Chondriosomen entstehen.* Was war nun eigentlich in diesem Gedanken Neues?

Als ein fast bestfundiertes Theorem der pflanzlichen Zellenlehre galt bisher *das Theorem von der Kontinuität und Individualität der pflanzlichen Farbkörper oder Chromatophoren,* das in den Jahren 1833—1885 von *A. Meyer* und von *Schimper* begründet wurde. Es gilt das Prinzip, daß alles Organisierte aus dem Organisierten hervorgeht, die Zelle aus der Zelle, der Zellkern aus dem Zellkern, der *Chromatophor aus dem Chromatophor* usw. sogar bis zur letzten lebendigen Einheit, sagen wir z. B. dem Wiesnerschen Plasom. Die Kontinuität der Chromatophoren kann man während der ganzen Entwicklung der Pflanze verfolgen und man nennt die gemeinsamen Anlagen der Chromatophoren (Chloro-, Chromo- und Leukoplasten) — Plastiden, folglich entstehen auch Plastiden nur aus Plastiden.

Nun wurde durch die Chondriosomenlehre der alten Plastidenlehre der Krieg erklärt. „Die Chondriosomen als Chromatophorenbildner" ist die Devise der neuen Theorie, die sich hauptsächlich auf die gleiche Färbbarkeit der Chondriosomen und Chromatophoren stützt. Vor kurzem erschien eine ausführliche Arbeit von *Guilliermond,* der die Chromatophorenlehre auf breiter Basis einer Nachprüfung unterzieht und eigentlich zu demselben Resultate wie *Schimper* und *Meyer* gelangt; die Chromatophoren können ineinander umgewandelt werden, nur entstehen sie nicht aus deren Anlagen oder Plastiden, sondern aus Chondriosomen.

Woher kommen nun und wie entstehen die Chondriosomen? In dieser Frage sind die Begründer der Chondriosomenlehre verschiedener Meinung. *Pensa* kommt wieder zu der alten, längst aufgegebenen Anschauung, die seinerzeit *Belzung* und *Mikosch* vertreten haben, daß die Chromatophoren, folglich nach *Pensa* die Chondriosomen durch Neudifferenzierung aus dem Protoplasma entstehen[1]); *Lewitsky* hält sie für Bestandteile des Grundgerüstes des Protoplasmas und *Guilliermond* läßt ihre Individualität bzw. Kontinuität unangetastet, indem er „die Chondriosomen aus Chondriosomen" entstehen läßt, schließlich ganz vereinsamt bleibt die Ansicht vom nuklearen Ur-

[1]) In Fäden ($\mu\tilde{\iota}\tau o\varsigma$) aneinandergereihte Körner ($\chi\acute{o}\nu\delta\varrho\iota o\nu$).

[1]) Ich möchte hier bemerken, daß *Guilliermond* in der anfangs zitierten Arbeit mir irrtümlich dieselbe Anschauung zuschreibt, indem er sagt (p. 325):

„*Vouk* (1908) admet, que les chloroplastes naissent par différenciation cytoplasmique." Dies beruht jedenfalls auf einem Mißverständnis, denn ich habe diese Meinung nirgends ausgesprochen.

sprung der Chondriosomen, nach welcher dieselben aus dem Zellkern entstehen sollten. Ähnliches behauptete *Schiller* für Chromatophoren.

Es ist selbstverständlich, daß die neuen Arbeiten von *Pensa, Lewitsky, Forenbacher* und *Guilliermond* nicht ohne Widerspruch blieben. *A. Meyer, E. W. Schmidt* und neuerdings *K. Rudolph* haben verschiedene, auch schwerwiegende Momente gegen den Satz „die Chromatophoren entstehen aus Chondriosomen" erhoben.

Daß die verschiedenen Zellbestandteile oft mit denselben Farbstoffen sich tingieren lassen, ist eine Tatsache, doch kann man nicht aus der gleichen Färbbarkeit auf ihre Identität schließen. Daher kann man ja auch die Chondriosomen von jugendlichen Chromatophoren nicht unterscheiden; wenn auch beide morphologisch und färberisch den gleichen Charakter haben, so müssen sie doch nicht chemisch und physiologisch gleichwertig sein.

Der zweite Einwand, erhoben von *Schmidt* und von *Rudolph*, beruht auf dem Befunde, daß in den ausgewachsenen Zellen Chromatophoren und Chondriosomen ohne Übergänge vorkommen. *Rudolph* glaubt daher, daß *„Chromatophoren und Chondriosomen von vornherein Gebilde verschiedener Natur sind"*. Diese wohl auch berechtigte Anschauung scheint eine vermittelnde Rolle zwischen der alten Plastiden- und der neuen Chondriosomenlehre einzunehmen; die Existenz der Chondriosomen wird zwar nicht geleugnet, doch haben sie mit den Chromatophoren nichts gemeinsames. Solange es aber nicht gelingt, ein sicheres Unterscheidungsmerkmal zwischen Chondriosomen und Chromatophoren bzw. deren Anlagen zu finden — so lange bleibt auch diese Anschauung nur eine Anschauung.

Rudolph machte noch weitere Erwägungen gegen die Chondriosomentheorie, die sich auf phylogenetische Basis gründen. Die Regel „Chromatophoren aus Chondriosomen" muß auch für die Kryptogamen gelten, die Chondriosomen müssen also auch bei Algen vorhanden sein. *Rudolph* konnte nur in den zwei Fällen (Achlya und Vaucheria) färberisch ähnliche Gebilde bei Kryptogamen finden, jedoch bei einer Reihe von untersuchten Moosen, Algen und Pilzen konnte er sie nicht nachweisen. Bei Braunalgen *(Fucus)* sind sie nach den Untersuchungen von *Nicoloso-Roncati* vorhanden.

Am nächsten steht der alten Meyer-Schimperschen Theorie *Guilliermond*, indem er die Kontinuität der Chromatophoren zuläßt, nur mit dem Unterschied, daß Plastiden durch die Mitochondrien zu ersetzen sind. Die Plastiden sind ebenso wie Chondriosomen die Anlagen der Chromatophoren und wir sind heutzutage mit unseren Methoden nicht imstande sie voneinander zu unterscheiden. Daraus könnte man zwar auch folgern, daß sie vollkommen identisch sind.

Wir sehen nun, wie das Chondriosomenproblem verschiedenartig diskutiert wurde und wie verschiedenartige Meinungen daraus resultieren. Es wird noch einige Zeit vergehen, bis in dieser Frage das letzte Wort gesprochen sein wird. Wenn auch der Schwerpunkt der Chondriosomenlehre in der Frage der Chromatophorenentstehung sehr schwankend zu sein scheint, so haben die Forschungen in dieser Richtung auch wahre Tatsachen zutage gebracht.

Es ist zunächst sichergestellt, daß in den Pflanzenzellen plasmatische Gebilde vorkommen, die eine Homologie mit den tierischen Chondriosomen besitzen, daher auch als pflanzliche Chondriosomen zu bezeichnen sind.

Mit der Einführung von *Bendas* Mitochondrienfärbung hat die pflanzliche mikroskopische Technik eine ausgezeichnete Methode der Chromatophorenfärbung in die Hand bekommen. Dies sind die wenigen Erfolge der Chondriosomenforschung, und es ist zu hoffen, daß die nächste Zeit die noch unentschiedene Frage der Chromatophorenentstehung aus Chondriosomen beantworten wird — wobei aber nach meiner bescheidenen Meinung die alte Meyer-Schimpersche Theorie ihre Rechte behalten wird.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über die Genesis der Kohlenhydrate.

Emil Baur, Zürich, schreibt in Heft 20 dieser Zeitschrift: „. . . und die Milchsäure ist ein Produkt des absteigenden Stoffwechsels und wird in der Pflanze wohl ebenso wie im tierischen Muskel und bei den bekannten Gärungen von der Zersetzung des Zuckers herrühren." Dazu möchte ich bemerken, daß die meisten Physiologen gegenwärtig der Ansicht sind, daß die Milchsäure nicht aus Zucker, sondern aus Eiweiß entsteht. Man hat an einen Ursprung aus desamidierten Alaninkomplexen gedacht:

Darmstadt, 20. Mai 1913. *Dr. Lenk.*

Besprechungen.

Voigt, Alwin, Exkursionsbuch zum Studium der Vogelstimmen. Praktische Anleitung zum Bestimmen der Vögel nach ihrem Gesange. Sechste vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1913. V, 327 S. 8°. Preis geb. M. 3,—.

Die Beobachtung des Freilebens der Vögel und die Bestimmung der einzelnen Arten in der Natur bietet, gegenüber anderen Ordnungen der Wirbeltiere, große Schwierigkeiten. Nicht bodenständig, ausgerüstet mit der Fähigkeit des Fluges und der schnellen Veränderung des Aufenthaltsortes, entschwinden die Vögel dem Auge des Beobachters und verbergen sich überall, wo sie Deckung finden. Nur die Stimme, Gesang, Lock- oder Warnrufe verraten ihre Anwesenheit. Nach diesen nun die verschiedenen Arten richtig ansprechen zu lernen ist die Aufgabe des vorliegenden Buches, welches soeben in sechster Auflage erschienen ist.

In dem einleitenden Abschnitt gibt der Verf. verständige Ratschläge für Beobachtungen in freier Natur und schließt daran einige Bemerkungen über die Sangeszeit der Vögel. Er bespricht dann eingehender die Methode der schriftlichen Darstellung der Vogelstimmen durch Laute und Silben der menschlichen

Sprache, wobei er nur in seltenen Fällen sich der Notenschrift bedient. Er stellt sich hierbei in Gegensatz zu den neuesten Arbeiten von *Cornel Schmitt* und *Hans Stadler* (Journ. f. Ornith., 1913, u. Verhandl. d. Ornith. Ges. in Bayern, 1913), welche durch eine Kombination des lautlichen Ausdrucks mit der Notenschrift eine wissenschaftliche Nachprüfung des Gesanges anzubahnen suchen. In dem speziellen Teil behandelt Prof. *Voigt* 225 in Deutschland nachgewiesene Arten. Neben der Darstellung des Gesanges finden sich hier Mitteilungen über das Vorkommen im Gelände und Beobachtungen biologischer Natur. Den Wert dieses Teils der Voigtschen Arbeit möchte ich darin erblicken, daß der Verf., bei kritischer Anlehnung an ältere Ornithologen wie *Naumann, Brehm, Wurm* u. a. fast ausschließlich eigene Beobachtungen, die auf mühseligen Wanderungen in allen Teilen Deutschlands gesammelt wurden, gibt. Den Schluß des Buches bildet eine Tabelle zum Bestimmen der Vogelstimmen. Ich pflichte dem Verf. vollkommen bei, daß erst ein tieferes Eindringen in den Gegenstand die Benutzung dieses tabellarischen Versuches möglich machen dürfte.

Ich bin davon überzeugt, daß die vorliegende Auflage wie die früheren, die in den Fachkreisen allgemeine Anerkennung gefunden haben, schnell ihren Weg machen wird und bald wieder vergriffen sein dürfte.

H. Schalow, Berlin.

Kobells Lehrbuch der Mineralogie in leichtfaßlicher Darstellung. Mit besonderer Rücksicht auf das Vorkommen der Mineralien und ihre technische Verwendung verfaßt von *K. Oebbeke* und *E. Weinschenk* in München. 7. neu bearbeitete Auflage. Leipzig, Friedrich Brandstetter, 1913. VII, 405 S., 344 Abbild. u. 1 Tafel. Preis geh. M. 7,75, geb. M. 8,50.

Entsprechend dem Titel des Buches ist die allgemeine Mineralogie nur oberflächlich behandelt, was z. B. bei der praktisch wie wissenschaftlich so wichtigen Mineraloptik besonders ins Auge springt. Der Studierende wird daher gut tun, eins der zahlreichen sonstigen Lehrbücher der Mineralogie gleichzeitig zur Hand zu nehmen. Dagegen sind die Abschnitte über das Vorkommen der Minerale, die Minerallagerstätten, mit großer Sachkenntnis und dankenswerter Ausführlichkeit zusammengestellt, ohne den Charakter des Lehrbuchs zu verlieren.

Die Systematik der Minerale ist nach einem recht eigenartigen Grundsatze durchgeführt: es wurde weder eine chemische, noch eine genetische (natürliche) Einteilung zugrunde gelegt, sondern eine Behandlung nach den *technisch wichtigen* Eigenschaften der Stoffe. Dieser stark schwankende Begriff bringt es mit sich, daß diesem Hauptteile des Buches etwas Verwirrendes anhaftet. Um einige Beispiele herauszugreifen: der gewöhnliche Magnesiatonspinell ist unter Aluminium behandelt, der damit durch Übergänge verbundene Zinkspinell, Franklinit, dagegen unter Eisen. Das Beryllsilikat Beryll findet sich unter Beryllium; Phenakit, ein anderes Beryllsilikat, dagegen unter Silicium. Apatit steht unter Phosphor, der eng damit verbundene Pyromorphit jedoch unter Blei usw. Über den pädagogischen Wert dieser Einteilung wird man sich wohl erst durch die Erfahrung ein Urteil aneignen können.

Auf Einzelheiten des Werkes soll hier nicht eingegangen werden. *H. E. Boeke, Halle a. S.*

Lassar-Cohn, Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form. Vierte, verbesserte Auflage, mit 60 Abbildungen im Text. X, 301 S. Leipzig und Hamburg, Leopold Voß, 1913. Preis geb. M. 4,—.

Aus Volkshochschulvorträgen ist diese leichtfaßliche Einführung in die Chemie entstanden, die 1899 zuerst erschien und nun bereits in vierter Auflage vorliegt; sie soll hauptsächlich dazu dienen, das in derartigen Vorlesungen übermittelte Material zu befestigen und zu ergänzen. Darüber hinaus soll sie aber auch die Möglichkeit bieten, *selbständig* — ohne erhebliche Vorkenntnisse — in die schwierigen Grundlehren der Chemie einzudringen und ihren Geist zu erfassen.

Lassar-Cohns Kunst der gemeinverständlichen Darstellung verwickelter chemischer Vorgänge haben die Leser dieser Zeitschrift in seinem Aufsatz über die Margarine (Heft 11, S. 249) kennengelernt. Sie besteht hauptsächlich darin, daß er in geschickter Weise *die* Punkte des allgemeinen Vorstellungs- und Wissenskreises aufzufinden versteht, an die sich zwanglos die besonderen wissenschaftlichen Betrachtungen anknüpfen lassen.

Diese Art der Darstellung bedingt denn auch die besondere Anordnung des Stoffes, die in mancher Beziehung von der allgemein üblichen abweicht. So werden z. B. im Anschluß an den Schwefelwasserstoff sogleich die Prinzipien der qualitativen Analyse erörtert; die Besprechung des Kohlenstoffs enthält auch einen in knappster Form gefaßten Abriß der wichtigsten Tatsachen und Theorien der organischen Chemie; bei den Metallen werden zuerst die — allgemein bekannten — Schwermetalle behandelt, und dann erst folgen die Leichtmetalle und ihre Verbindungen. Einen sehr geeigneten Abschluß des Ganzen findet der Verfasser in der Erörterung über das periodische System der Elemente.

Bei der großen Wertschätzung, deren sich *Lassar-Cohns* populär-chemische Werke erfreuen — sie kommt am deutlichsten in den hohen Auflageziffern und den zahlreichen Übersetzungen zum Ausdruck —, ist es überflüssig, noch ihre Vorzüge zu rühmen; es wäre aber verfehlt, aus denselben Gründen zu verschweigen, daß sich mir bei der Durchsicht der „Einführung" mancherlei Bedenken aufgedrängt haben. Sie betreffen im wesentlichen die Darstellung und Entwicklung der allgemeinen Begriffe, Definitionen und Gesetze. Ich glaube, man kann heute manche dieser Dinge klarer und schärfer formulieren, als es hier geschehen ist, und daß man gerade in einem populären Werk in dieser Beziehung das Äußerste zu erreichen suchen muß, wird mir der Verfasser sicherlich gern zugeben. Ich möchte nicht einzelne Punkte hervorheben, die mir der Abänderung bedürftig zu sein scheinen, weil zur Begründung ein sehr großer Aufwand an Worten notwendig wäre und weil eine derartige Auseinandersetzung nicht das allgemeine Interesse beanspruchen kann. — Vielleicht berücksichtigt der Herr Verfasser bei der sicherlich demnächst notwendigen neuen Auflage bereits die hier gegebene Anregung. *J. Koppel, Berlin.*

Dölter, C., Handbuch der Mineralchemie. Bd. III. Lieferung 1 (Bogen 1—10). Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1913. Preis M. 6,50.

Die neue Lieferung bringt zunächst einen Abschnitt von *C. Dölter: Allgemeines über das Vorkommen der Elemente Ti, Zr, Sn und Th.* Hier finden namentlich auch die gesetzmäßigen kristallographischen Beziehungen der Oxyde dieser Elemente nach den Arbeiten *Beckenkamps* und anderer Erwähnung. — Eine größere Anzahl von Artikeln, die von verschiedenen Autoren herrühren, behandeln dann die als Mineralien vorkommenden *Titanoxyde, Titanate, Silicotitanate, Silicotitanoniobate, Germanium* und *Germaniummineralien*, die *Zirkonoxyde* und den *Zirkon* sowie die *Silicozirkoniate*. Es werden da der Reihe nach besprochen: Chemische Zusammensetzung und Analysen, sonstiges chemisches Verhalten, die physikalischen Eigenschaften, Synthesen, Vorkommen, Genesis und Umwandlung. Besonderen

Anklang werden auch die dazwischen eingeschalteten Abschnitte über die *Analysenmethoden zur Bestimmung und Trennung der Titansäure*, ferner *des Niobs und Tantals*, sowie *des Zirkonoxyds* von *K. Peters* und über die *Analysenmethoden für Lavenit, Eudialyt, Johnstrupit, Katapleit* von *R. Manzelius* finden, da es hierüber bisher nur wenige zusammenfassende Darstellungen gibt. Im übrigen entspricht die Ausstattung derjenigen früherer Lieferungen. *J. Uhlig, Bonn.*

Hübl, Arthur Freiherr von, Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatten. 3. Auflage. Halle, Wilhelm Knapp, 1912. VIII, 92 S. und 6 Abbild. 8°. Preis M. 2.—.

Von allen Methoden zur Erzeugung farbenrichtiger photographischer Abbildungen hat einzig und allein die Lumièresche „Autochromphotographie" in Dilettantenkreisen in größerem Maßstabe Eingang gefunden, weil sie erlaubt, mit einer einzigen Aufnahme und ohne besonders großen Arbeitsaufwand direkt ein naturfarbiges Bild herzustellen. Die dritte Auflage des vorliegenden Werkchens, das von einem der hervorragendsten Fachmänner auf diesem Gebiete geschrieben ist, wird nicht nur den bisherigen Anhängern des Verfahrens willkommen sein, sondern wird zweifellos den Kreis der Freunde dieser genialen Methode vergrößern. Von den ersten Auflagen unterscheidet sich die vorliegende namentlich insofern, als die zur Verwendung gelangenden Lichtfilter mit Rücksicht auf die zunehmende Bedeutung von Autochromaufnahmen bei künstlicher Beleuchtung ausführlicher besprochen werden. Im ganzen ist das Buch nach wie vor in erster Linie für die Praxis bestimmt. Es bespricht ausführlich und klar alle bei der Anwendung der Methode notwendigen Manipulationen, wobei den neueren Anschauungen über die Art der Entwicklung Rechnung getragen wird. Auch die in der Praxis wirklich benutzten Nachbildungen der Autochromplatte werden berücksichtigt. Die theoretische Einleitung beschränkt sich auf das zum Verständnis des Verfahrens Notwendige, behandelt aber die Herstellung und Wirkungsweise der Autochromplatten sehr anschaulich. Auch auf das Kopieren von Autochrombildern geht das Buch ein, wenigstens soweit dies für die Praxis zufriedenstellend möglich ist, das heißt unter erneuter Benutzung einer Autochromplatte.

Th. Posner, Greifswald.

Dunbar, Direktor des hygienischen Instituts in Hamburg. **Leitfaden für die Abwässerreinigungsfrage.** Zweite Auflage. Berlin und München, R. Oldenbourg, 1912. 8°. XLVII, 643 S. u. 257 Abbildungen. Preis geb. M. 16,—.

Der Autor des jetzt in der zweiten Auflage vorliegenden berühmten Buches hat sich seit langen Jahren um die Entwicklung der Abwässerbeseitigung große Verdienste erworben. Insbesondere ist die Klärung der verwickelten Vorgänge bei der biologischen Abwässerreinigung, einem Verfahren, welches heute im Vordergrunde des Interesses steht, den exakten und vielseitigen Versuchen *Dunbars* und seiner Schüler zu danken. Aber auch manche andere Kapitel der Abwasserfrage verdanken *Dunbars* Untersuchungen wertvolle Bereicherung und Förderung. Ein von einem solchen Fachmanne verfaßtes Buch darf daher auch von vornherein auf die Beachtung der weitesten Kreise rechnen.

Ein Studium des Buches erfüllt denn auch die größten Erwartungen. Überall ist der gegenwärtige Stand der Fragen nach den neuesten Errungenschaften von Wissenschaft und Technik dargestellt. Sehr wertvoll sind die zahlreichen Abbildungen, welche den Text sehr anschaulich erläutern und das Buch gleich nützlich für den Ingenieur wie für den Chemiker oder Hygieniker machen. Die Ausführungen beginnen mit einer Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Abwasserfrage, wobei die Mißstände der Flußverunreinigung und die Versuche der verschiedenen Länder, sie auf gesetzgeberischem Wege zu bekämpfen, eingehend dargelegt sind.

Die Verfahren der Abwässerreinigung gliedert *Dunbar* in Methoden zur Ausscheidung der ungelösten Stoffe und Methoden zur Beseitigung der Fäulnisfähigkeit. Im ersten Kapitel wird eine Zusammenstellung und Beschreibung der einzelnen bekannten Konstruktionen von Sandfängen, Rechen, Gittern, Sieben, Absitzbecken und Absitzbrunnen gegeben, wie sie in dieser Vollständigkeit bisher nirgendwo vorliegt, stets durch Abbildungen klar erläutert. Daran schließen sich Kapitel über die Ausräumung und Beseitigung des Schlammes. Die Methoden der Beseitigung der Fäulnisfähigkeit stellt der Verfasser der historischen Entwicklung folgend dar. Er beginnt daher mit dem Berieselungsverfahren, geht dann auf die intermittierende Bodenfiltration über und zeigt, welchen Einfluß die Versuche *Franklands* auf die Entwicklung der künstlichen biologischen Abwässerreinigung genommen haben. Bei der Reinigung des Abwassers in biologischen Füll- oder Tropfkörpern entwickelt uns *Dunbar* an Hand der Ergebnisse seiner zahllosen Hamburger Versuche seine Adsorptionstheorie, welche heute wohl, nachdem sie manche Angriffe und Mißdeutungen zu bestehen hatte, allgemein als richtig anerkannt wird. An die Entwicklung der Theorie schließt sich jedesmal die praktische Anwendung der Verfahren.

Die Methode der Reinigung des Abwassers in Fischteichen, welche noch jungen Datums ist, und *Rothe-Degeners* Kohlebreiverfahren werden ihrer Bedeutung entsprechend in den folgenden Kapiteln gewürdigt. Es folgen dann noch Abschnitte über die Desinfektion des Abwassers, Prüfung und Beurteilung der Abwässerreinigungsanlagen, Beurteilung der Flußverunreinigung und eine vergleichende Zusammenstellung der Leistungen und Kosten der verschiedenen Abwässerreinigungsverfahren. Das Buch enthält ferner eine allgemeine, sowie detaillierte Inhaltsübersicht, eine sehr reichhaltige Zusammenstellung der benutzten Literatur, ein Verzeichnis der Abbildungen und am Schlusse ein ausführliches Orts-, Namen- und Sachregister.

Wer von den Lesern dieser Zeitschrift sich in die verwickelte Materie der Abwässerbeseitigung einarbeiten will, dem kann das Buch des verdienten Hamburger Hygienikers nicht warm genug empfohlen werden.

J. Tillmans, Frankfurt a. M.

Levenstein, Adolf, Die Arbeiterfrage, mit besonderer Berücksichtigung der sozialpsychologischen Seite des modernen Großbetriebes und der psychophysischen Einwirkungen auf die Arbeiter. München, Ernst Reinhardt, 1912. IV, 406 S. Preis geh. M. 6,—, geb. M. 7,50.

Die unaufhaltsame und glänzende Entwicklung in der Industrie, im Verkehrswesen und im Handel wird neben manchen anderen Ursachen mit Recht dem Zug in das Große zugeschrieben, den unsere ganze Entwicklung in den letzten Jahrzehnten genommen hat. Das Aufgehen vieler kleiner Betriebe und mancher Zweige des Handwerks in die Großbetriebe hat uns in wirtschaftlicher Beziehung auf eine hohe Stufe gebracht. Die Kehrseiten dieser Entwicklung in sozialer, hygienischer und ethischer Beziehung haben zu ernsten Betrachtungen unserer Nationalökonomen und Sozialpolitiker mit Recht Veranlassung gegeben und sowohl die Gesetzgebung, als auch die menschenfreundlich gesinnten Elemente unserer führenden Kreise des Wirtschaftslebens sind bemüht, den schädlichen Wirkungen

der gekennzeichneten Tendenzen auf unsere Volkswohlfahrt durch geeignete Maßnahmen entgegen zu wirken. Es ist durchaus notwendig, daß nunmehr auch die seelischen Wirkungen auf unsere Arbeiter in den Kreis der Betrachtungen gezogen werden.

Das vorliegende Buch von *Levenstein* befaßt sich ausschließlich mit der Arbeiterfrage aus diesen Gesichtspunkten; und zwar hat *Levenstein* einen eigenartigen Weg gewählt; er läßt die Arbeiter selbst sprechen. Er hat es versucht, unbefangene Äußerungen aus der Seele der Arbeiter über ihr Los, ihr außerberufliches Familien- und Gedankenleben, über die Wirkungen der monotonen Beschäftigung auf ihr Geistes- und Gemütsleben, über ihr Interesse an der Arbeit usw. in großer Zahl zu erhalten, um hieraus die für unser ganzes Kulturleben bedeutsamen Fragen:

a) „Was für Menschen prägt die moderne Großindustrie unter dem Drucke privatwirtschaftlicher Ökonomie?"

b) „Welche Kräfte bilden das Gegengewicht einer etwaigen psychischen und physischen Entartung?"

die Antwort zu erhalten.

Levenstein schlug einen geschickten Weg zur Durchführung dieser Umfrage ein, um der naheliegenden Gefahr zu entgehen, daß die Antworten in der Form boshafter Witze dem durch die planmäßige Verhetzung geschürten Klassenhaß Ausdruck gäben, so daß darüber die tieferen seelischen Empfindungen nicht zur Äußerung gelangen würden. Er sandte die Anfragen nicht direkt an die Arbeiter, sondern er ließ durch ihm befreundete oder ergebene Arbeiter die Antworten gruppenweise von den Kameraden einholen. Es versteht sich von selbst, daß von den vielen Antworten trotzdem noch eine erhebliche Zahl in boshafter Weise entstellte Gedankenäußerungen wiedergeben. Es sind aber auch viele ehrliche und offene Bekenntnisse und Äußerungen tieferer seelischer Regungen zu finden.

Die Antworten der Arbeiter machen den Hauptteil des Buches aus; die zwischen den einzelnen Kapiteln eingeschalteten kritischen Bemerkungen und erläuternden Textworte treten dagegen zurück. Nach einem Überblick ist es außerordentlich schwer, vielleicht unmöglich, eine gemeinsame Richtung der Gedankenäußerungen, sozusagen einen roten Faden in dem außerordentlich verschiedenartigen Inhalt der Antworten zu finden. Neben lauten Klagen über ihr hartes Los, über das ewige Einerlei der geisttötenden Beschäftigung, über die ungerechte Behandlung der Leitenden finden wir auch ganz gegenteilige Versicherungen in nicht geringer Zahl, welche ein tiefes Interesse der Arbeiter an ihrer Tätigkeit oder an der kunstvollen Wirkung der von ihnen bedienten Maschine bezeugen. Viele erkennen rückhaltlos an, daß die moderne Maschine dem Arbeiter den größten Teil der mühseligen Arbeit abgenommen habe, daß ihnen die gegen die frühere schwere Arbeit erleichterte Tätigkeit des Ingangsetzens und der Beaufsichtigung von Maschinen genügend Zeit lasse, ihren Gedanken in mancher Richtung freien Lauf zu lassen.

Die Beantwortungen über das außerberufliche Familien-, Gedanken- und Gemütsleben lassen zum Teil auf ernste, tiefveranlagte Naturen schließen. Viele freuen sich, ihren seelischen Empfindungen einmal Ausdruck geben zu können, was in einigen Fällen mit staunenswertem Geschick im Gebrauch der Sprache geschehen ist. Inhaltlich lassen viele Äußerungen auf ein sicheres Urteil und auf eine gute Gedankenklarheit schließen. Hervorzuheben ist ferner, daß Regungen der Vaterlandsliebe kaum zu finden sind, während religiöse Empfindungen doch vereinzelt hervortreten.

Die Veröffentlichung ist nach den Angaben des Verfassers als vorläufiges Bruchstück aufzufassen, weil zunächst die Umfrage nur an Metallarbeiter, Bergleute und Textilarbeiter gesandt wurde; auch sind die Antworten nicht vollständig abgedruckt worden. Es ist jedoch mit Dank anzuerkennen, daß eine Vorveröffentlichung bereits jetzt erfolgte, weil das Buch geeignet ist, das Interesse der Sozialpolitiker, der Psychologen und der Leitenden im Wirtschaftsleben wach zu rufen und zu weiteren Studien in der gezeichneten Richtung anzuregen.

A. Wallichs, Aachen.

Astronomische Mitteilungen.

Über das Spektrum des neuen Sterns in den Zwillingen (Nova Geminorum II) macht Prof. *Küstner* in den *Astron. Nachr.* Nr. 4654 sehr wichtige Mitteilungen, die auf besonderen spektroskopischen Messungsreihen an der Bonner Sternwarte beruhen. Schon bei den vorjährigen Ausmessungen der feinen Absorptionslinien im Spektrogramm der Nova Geminorum II, aufgenommen im Bonner Dreiprismen-Apparat, machte sich ein auffälliges Koinzidieren einiger Linien mit Linien gewisser radioaktiver Elemente bemerkbar. Um nun dieser wichtigen Frage weiter nachzugehen, war es leider nicht möglich, die gleichzeitigen spektroskopischen Messungen an den Instrumenten der Potsdamer, Yerkes-, Lick- oder Mount-Wilson-Sternwarte heranzuziehen, da nirgends die feinen, scharfen Absorptionslinien wie in den Bonner Spektrogrammen erkennbar waren. Deshalb wurden in Bonn die Wellenlängen aller in jenen Spektrogrammen vorkommenden feinen Linien scharf bestimmt und auf diese Weise versucht, zu entscheiden, ob dieselben wirklich zu radioaktiven Elementen gehören. Diese Untersuchung wurde in umfassender Weise durchgeführt, wobei die Spektren von Radium, Uran, Eisen, Titan, Vanadium, Mangan, Zirkon, Argon, Calcium, Helium und Magnesium zum Vergleich herangezogen worden sind. Die interessanten Schlußergebnisse dieser mustergültigen Untersuchungen über den Ursprung der 241 in den Bonner Spektrogrammen des neuen Sterns Nova Geminorum II vom Jahre 1912 vorkommenden feinen Absorptionslinien sind folgende: Emanation, Eisen oder Vanadium hat sich nicht feststellen lassen, Radium, Mangan und Zirkon kommen wahrscheinlich vor und Uran, Titan sowie Argon lassen sich ziemlich sicher nachweisen. Auch von den Elementen Calcium, Helium und Magnesium sind sichere Spuren in einigen der feinen Absorptionslinien festgestellt worden. Prof. *Küstner* macht mit Recht am Schluß seiner wichtigen Untersuchungen darauf aufmerksam, daß es sich empfiehlt, das Spektrum eines jeden neuen Sterns von nun ab vor allem auch in einem besonderen Dreiprismen-Spektrographen auf das Vorkommen feiner Absorptionslinien aufzunehmen. Dies würde zur Erkenntnis der Vorgänge bei den plötzlichen enormen Lichtausstrahlungen der neuen Sterne sehr wichtig sein und vor allem auch die Kritik der geistreichen Hypothese von Prof. *Kayser* ermöglichen, ob wirklich radioaktive Prozesse beim Aufleuchten jener neuen Sterngebilde maßgebend sind.

Über die Oberflächenbeschaffenheit des Planeten Mars liegen neue Untersuchungen von *Antoniadi* vor, die auf Messungen in ganz großen Fernrohren beruhen und die Ansicht derjenigen Astronomen bestätigen, die in den scheinbar geradlinigen Kanälen nur unregelmäßige Gebilde auf unserem Nachbarplaneten vermuten, die lediglich in mittleren Fernrohren, wie sie z. B. auch der berühmte Marsforscher *Schiaparelli* benutzte, sich in Form geradliniger

Streifen darstellen. Ganz entsprechende Ergebnisse liefern auch die Messungen an den größten amerikanischen Teleskopen, so daß es keinem Zweifel unterliegt, daß die vielumstrittenen Kanalgebilde auf dem Mars wirklich nur unregelmäßig geformte Gebilde, vielleicht kontinentalen Charakters, auf jenem der Erde allerdings in mancher Hinsicht recht ähnlichen Planeten sind.

Das Vorkommen von Protuberanzen (Wasserstofferuptionen) am Sonnenrande untersucht aus einer großen Zahl von solaren Beobachtungen der Astronom *Evershed* und kommt dabei zu dem Resultat, daß zweifellos am *östlichen* Sonnenrande die Häufigkeit der Protuberanzen größer sein dürfte als am westlichen Rande unseres Tagesgestirns. Woher diese ungleiche Verteilung, falls sie wirklich reell sein sollte, bei dem Auftreten jener Wasserstofferuptionen besonders am östlichen Sonnenrande kommt, läßt sich bisher noch nicht mit Sicherheit feststellen.

Über die magnetische Vermessung der Erde, insbesondere auf den Ozeanen, eine nicht nur für die geographisch-astronomische Ortsbestimmung, sondern auch ganz allgemein kosmisch wegen der innigen Beziehungen der erdmagnetischen Elemente zu den Eruptionsvorgängen auf der Sonne interessante Frage, hat neuerdings Prof. *Bauer* (Washington) während seines Aufenthaltes in Berlin äußerst wichtige Mitteilungen gemacht. Die magnetische Vermessung der ganzen Erde, eine der gewaltigsten erdumfassenden Aufgaben des menschlichen Geistes, wird seit acht Jahren von einem einzelnen nordamerikanischen Institut durchgeführt, dem Carnegie-Institut zu Washington, das mit sehr reichen Geldmitteln von *Carnegie* ausgestattet worden ist und bereits im Jahre 1902 begründet wurde. Zunächst wurden auf einem besonderen eisenfreien Segelschiff, an dessen Stelle seit 1908 die magnetische Yacht „Carnegie" getreten ist, im Bereiche des Stillen, Atlantischen und Indischen Ozeans umfassende Messungen der erdmagnetischen Elemente ausgeführt, eine auch für die nautischen Orientierungen außerordentlich wichtige Aufgabe. Auch nach solchen Erdregionen, wo keine erdmagnetischen Institute bestehen, sendet die magnetische Abteilung des Carnegie-Instituts besondere wissenschaftliche Expeditionen aus, die magnetische Landesaufnahmen auszuführen haben. Gegenwärtig wird außerdem in Washington ein besonderes Gebäude für die magnetische Abteilung des Carnegie-Instituts errichtet, in dem auch für auswärtige Gelehrte besondere Zimmer zur Ausführung von erdmagnetischen Forschungsarbeiten eingerichtet sind.

Über die chilenische Nationalsternwarte Santiago de Chile und ihren letzten Direktor, den freiwillig aus dem Leben geschiedenen Prof. Dr. *F. Ristenpart*, macht der Herausgeber der *Astron. Nachr.*, Prof. *H. Kobold*, in Nr. 4654 jener Fachzeitschrift wichtige und allgemein interessierende Mitteilungen. Prof. *Kobold* beginnt seinen warmempfundenen und zugleich ausführlichen Nachruf folgendermaßen: „Ein frühzeitiger, selbstgesuchter Tod beendete am 9. April d. J. den Lebenslauf des Direktors der Nationalsternwarte zu Santiago de Chile. Diese erschütternde, so unvermittelt kommende Kunde rief in weiten Kreisen schmerzliche Bestürzung hervor, sie stellt die dem Verstorbenen Näherstehenden, sein tiefes religiöses Empfinden kennenden vor ein schwer zu lösendes und noch nicht gelöstes Rätsel." Nunmehr folgt die ausführliche Beschreibung des erfolgreichen wissenschaftlichen Lebenslaufs von Prof. *Ristenpart*, der bereits alle Pläne zu einer großen, neuen Sternwarte entworfen hatte und sie demnächst zur Ausführung bringen wollte. „*Ristenparts* Enthusiasmus," so fährt Prof. *Kobold* fort, „half ihm über alle Schwierigkeiten hinweg, aber er hinderte ihn auch, die Verhältnisse seiner Umgebung richtig zu beurteilen. Und hier ist vielleicht die Klippe zu vermuten, an der er vor dem Ziele scheiterte. Es entstand eine immer mehr wachsende Opposition gegen ihn, die sich schließlich in offenen, ihn aufs tiefste verletzenden öffentlichen Angriffen äußerte und ihn zwang, seinen Kontrakt mit der dortigen Regierung zu lösen. Dieser Entschluß überstieg aber die Grenzen seiner Willenskraft und die bittere Empfindung, keinen besseren Lohn dort empfangen zu haben, störte sein seelisches Gleichgewicht vollends." — Diese vom Herausgeber der *Astron. Nachr.* geäußerten Gedanken haben eine über die einzelne Person weit hinausgehende allgemeine Bedeutung für die Bestrebungen mancher deutschen Forscher in Südamerika. Hätte *Ristenpart* den tragischen Ausgang seiner eigenen Bestrebungen geahnt, er hätte z. B. nicht in seiner, bald nach Ankunft in Santiago verfaßten Geschichte der chilenischen Nationalsternwarte einem anderen, unter wesentlich ungünstigeren Bedingungen nach Chile berufenen deutschen Gelehrten, der etwa zwanzig Jahre vor ihm sich auch redliche Mühe dort gegeben und gleichfalls Pläne für eine neue Sternwarte entworfen hatte, ganz ungerechte persönliche Vorwürfe gemacht. Jedenfalls ist *Ristenparts* Tod ein schwerer Verlust für die Astronomie der südlichen Halbkugel. *A. Marcuse.*

Kleine Mitteilungen.

C. Flammarion hatte behauptet, daß in Paris **der jährliche Regenfall** seit dem 17. Jahrhundert und auch seit Anfang des 19. Jahrhunderts bedeutend zugenommen habe. Diese Behauptung ist von *Angot* widerlegt worden durch den Nachweis, daß *Flammarion* die Regenmengen von zwei verschiedenen Auffangsorten für seinen Vergleich benutzt hat, in denen noch jetzt der jährliche Regenfall ganz verschieden ist. *Angot* gibt als mittlere jährliche Regenmenge für die Jahre 1806—1840 502 mm, für 1841—1875 521 mm und für 1876—1910 508 mm an, sodaß hiernach keine Zunahme seit 1806 stattgefunden hat. Von diesen 105 Jahren war 1910 mit 724 mm das regenreichste. *(Meteor. Z. 30,* 45, 1913.) *Mk.*

Für die nördlichen österreichischen Alpenländer hat *v. Myrbach-Rheinfeld* den **Einfluß der täglichen Luftdruckänderungen** untersucht und gefunden, daß in diesem Gebiete, entgegen den bisher im allgemeinen angenommenen Regeln, steigendem Druck schlechteres, fallendem aber schöneres Wetter entspricht. Dieses auffallende Ergebnis ist auf die Lage des Gebietes im Norden der Alpenkette zurückzuführen. *(Meteor. Z. 30,* 27, 1913.) *Mk.*

In London hat die Verwendung des **Gases zu Heizzwecken** in den letzten Jahrzehnten ganz bedeutend zugenommen, so daß dort gegenwärtig 1 574 000 Gasheizungen in Betrieb sind. Dies bedeutet, daß in der Themsestadt 1½ Millionen Tonnen Kohlen weniger verbrannt werden als früher, und daß dort der Rauch von 1¼ Millionen Kaminen beseitigt wurde. Infolge hiervon hat der Londoner Nebel an Stärke in den letzten Jahren mehr und mehr abgenommen. Im Jahrzehnt 1883—92 zählte man durchschnittlich 30 Nebeltage im Jahre, 1902—11 dagegen nur noch 10 Tage. *(J. f. Gasbel. 54,* 165, 1913.) *Mk.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W. 9.